

# MASTER'S THESIS

**De relatie tussen het verbale werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd in de voorspelling van twee aspecten met betrekking tot technisch lezen**

Langkamp, Judith

**Award date:**  
2019

[Link to publication](#)

## **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

## **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[pure-support@ou.nl](mailto:pure-support@ou.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 06. May. 2023

**Open Universiteit**  
[www.ou.nl](http://www.ou.nl)



De relatie tussen het verbale werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd in de voorspelling van twee aspecten met betrekking tot technisch lezen

**The relation between verbal working memory, verbal short term memory, the phonological loop, processing speed, inhibition and age in the prediction of two aspects of technical reading**

Judith Langkamp

Master Onderwijswetenschappen  
Open Universiteit

Datum: 10-02-2019

Begeleiding: Dr. Celeste Meijs

# Inhoud

<b>Samenvatting .....</b>	<b>3</b>
<b>Summary .....</b>	<b>4</b>
<b>Inleiding.....</b>	<b>5</b>
Lezen.....	6
Executieve functies.....	7
Werkgeheugen .....	7
Werkgeheugenmodel van Baddeley .....	8
Korte termijngeheugen .....	10
Processing speed .....	10
Inhibitie.....	10
<b>De relaties tussen het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, de fonologische lus, inhibitie en processing speed met technisch lezen .....</b>	<b>11</b>
Het verbaal werkgeheugen en technisch lezen .....	11
Het verbaal korte termijngeheugen en technisch lezen .....	11
Processing speed en technisch lezen .....	13
Inhibitie en technisch lezen.....	13
<b>Vraagstellingen en hypothesen.....</b>	<b>13</b>
<b>Methode.....</b>	<b>15</b>
Ontwerp .....	15
Onderzoeksgroep .....	16
Materialen .....	16
Procedure .....	18
Data-analyse.....	19
<b>Resultaten.....</b>	<b>20</b>
<b>Discussie en conclusie.....</b>	<b>26</b>
<b>Beperkingen van het onderzoek .....</b>	<b>35</b>
<b>Praktische implicaties .....</b>	<b>37</b>
<b>Referenties.....</b>	<b>39</b>
<b>Bijlagen.....</b>	<b>47</b>

## Samenvatting

Technisch lezen vormt de basis voor de verdere schoolloopbaan. Kinderen leren technisch lezen vanaf groep 3, beginnend bij het lezen van losse letters tot uiteindelijk het lezen van teksten. Het leesproces verloopt niet bij alle kinderen hetzelfde. Jaarlijks zijn er kinderen die uitvallen op technisch lezen. Bij deze kinderen worden extra interventies ingezet, zoals extra leesondersteuning waarbij de aangeboden letters en/of woorden herhaald worden. Dit blijkt niet altijd effectief te zijn, daarom is het belangrijk om de oorzaak te weten. Het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de fonologische lus, processing speed en inhibitie zijn gecorreleerd aan de leesvaardigheid. Om kinderen die uitvallen op technisch lezen een effectieve aanpak te kunnen bieden is het belangrijk om te weten wat de grootste voorspeller is van technisch lezen. Dat wil zeggen; welk gebied aangepakt moet worden om het leesproces zo optimaal mogelijk te laten verlopen.

Het doel van dit onderzoek is om te onderzoeken wat de relatie is tussen het verbale werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, inhibitie, processing speed en leeftijd in de voorspelling van twee aspecten met betrekking tot technisch lezen. Er wordt gekeken wat de grootste voorspeller van technisch lezen is, hoe de variabelen met elkaar correleren en/of elkaar versterken.

Deze mogelijke relatie is onderzocht middels een correlatieanalyse en een regressieanalyse. Er is sprake van een gestratificeerde, aselechte steekproef. Het onderzoek vond plaats op één basisschool binnen drie jaargroepen. De participanten bestonden uit 67 kinderen uit de groepen 3, 4 en 5 uit het reguliere basisonderwijs.

Aan de ouders is gevraagd toestemming te verlenen voor deelname van hun kind aan het onderzoek. Om het verbaal werkgeheugen, korte termijngeheugen en de fonologische lus in kaart te brengen zijn een verbale leertest en een woordspannetaak afgenomen. Inhibitie is gemeten middels de Flanker Fishtaak. Om processing speed te meten is kinderen gevraagd binnen een tijdsbestek van 60 seconden zoveel mogelijk dieren te noemen. De twee aspecten van technisch lezen zijn gemeten middels CITO DMT (woorden) en Klepel (non-woorden).

Geconcludeerd kan worden dat leeftijd de grootste positieve voorspeller is voor technisch lezen. Inhibitie blijkt een negatieve samenhang te hebben met technisch lezen, dit betekent dat kinderen met een goede inhibitie goede leesprestaties vertonen. De fonologische lus blijkt geen significante samenhang te hebben met technisch lezen.

Huidig onderzoek levert de kennis op dat leeftijd en inhibitie samenhangen met technisch lezen, maar laten ook inconsistente bevindingen zien met de literatuur. Zo werd verwacht dat het verbaal werkgeheugen en het verbaal korte termijngeheugen een positieve relatie zouden hebben met technisch lezen, maar dit bleek niet uit de resultaten van huidig onderzoek. Processing speed, dat gezien wordt als een hoofdkenmerk van kinderen die uitvallen op technisch lezen, liet ook geen significante relatie met lezen zien in huidig onderzoek, dat behoeft verder onderzoek.

Steekwoorden: executieve functies, verbaal werkgeheugen, inhibitie, processing speed, technisch lezen

## Summary

Technical reading is the basis to be successful during school. Children learn to read from group 3, Dutch school system, starting with reading individual letters and finally reading texts. The reading process progresses not the same way for all children. Every year there are children who fail on technical reading. Extra interventions are implemented for these children, such as extra reading support in which the offered letters and/or words are repeated. This does not always seem to be effective, therefore it is important to know the cause of these reading problems. Verbal working memory, verbal short-term memory, the phonological loop, processing speed and inhibition have been correlated with technical reading skills. To offer an effective intervention to children who fail technical reading, it is important to know what the largest predictor of technical reading is. Thus, more information regarding the specific aspects that need to be tackled in order to optimize the reading process is needed.

The aim of this research was to explore the relationship between verbal working memory, verbal short-term memory, the phonological loop, inhibition, processing speed and age with regard to two aspects of technical reading, namely reading words and non-words. We studied what the most important predictor of reading was and how the variables correlate and/or reinforced each other. This possible relationship was investigated by means of correlation analyses and regression analyses. There was a stratified, random sample. The research took place at one primary school within three year groups. The participants consisted of 67 children from groups 3, 4 and 5 from Dutch regular primary education.

Parents have been asked to grant permission for their child to cooperate in the study. Verbal working memory, short-term memory, and the phonological loop were measured by means of a verbal learning test and a word-span task. Inhibition was measured using the Flanker Fish task. To measure processing speed, children were asked to name as many animals as possible within a time frame of 60 seconds. Technical reading was measured using CITO DMT (words) and Klepel (non-words). It can be concluded that age is the largest positive predictor for reading. Inhibition appears to have a negative correlation with reading, which means that children with a better inhibition perform better on reading. The phonological loop does not appear to have a significant correlation with reading.

Current study provides insights that age and inhibition are related to reading, but also show inconsistent findings with regard to the findings in the literature. For example, verbal working memory and verbal short-term memory were expected to have a positive correlation with reading, but this was not found in the current research. Processing speed, which is seen as a main characteristic of children who fail to read, also showed no significant findings in current research, which requires further research.

Keywords: executive functions, verbal working memory, inhibition, processing speed, reading.

## Inleiding

Technisch lezen is de basis om tot leren te komen tijdens de verdere schoolloopbaan. Dit proces verloopt op de basisschool van leren lezen naar lezen om te leren (Dawes, Leitão, Claessen & Neyton, 2005). In het basisonderwijs leren kinderen vanaf groep 3 lezen, beginnend met technisch lezen. Bij technisch lezen worden eerst de letters aangeleerd, vervolgens worden woorden gelezen, wat opgebouwd wordt naar zinnen en teksten. Uiteindelijk is lezen ook nodig bij andere vakken, zoals rekenen en geschiedenis (Vernooy, 2007).

Het proces van leren lezen verloopt niet bij alle kinderen hetzelfde. Jaarlijks zijn er kinderen die uitvallen op technisch lezen (Vernooy, 2007). Hiervoor worden op de basisschool interventies ingezet, bijvoorbeeld extra leesondersteuning waarbij de aangeboden letters en/of woorden herhaald worden. Dit is niet altijd effectief. Belangrijk is daarom om te weten wat de oorzaak van de uitval is. Mogelijk kan het aanleren van de letters moeizaam verlopen vanwege problemen met verwerkingssnelheid of kinderen kunnen afgeleid worden door prikkels van buitenaf.

Het verbale werkgeheugen, processing speed en inhibitie zijn gecorreleerd aan leesvaardigheid (Christopher et al., 2012). Werkgeheugen is het vermogen om informatie vast te kunnen houden in het kortetermijngeheugen en deze te bewerken. De fonologische lus zorgt voor het opslaan van auditieve informatie, zoals klanken en gesproken woorden. Deze informatie vervalt na twee-drie seconden wanneer deze niet herhaald wordt. Processing speed verwijst naar de hoeveelheid tijd die nodig is om een bepaalde intellectuele taak uit te voeren. Een term die vaak gebruikt wordt bij processing speed is verbal fluency, dat is de snelheid waarmee woorden gearticuleerd kunnen worden. Inhibitie, vaak in dienst van het werkgeheugen, is het vermogen om informatie te onderdrukken of te verwijderen en irrelevante externe informatie te negeren om de huidige doelen en relevante stimuli te behouden.

Wanneer kinderen uitvallen op technisch lezen is het belangrijk om de oorzaak hiervan te weten, om een mogelijke interventie zo specifiek mogelijk in te kunnen zetten. In deze masterthesis wordt onderzocht wat de relatie is tussen de verschillende onderdelen van het verbale werkgeheugen, processing speed en inhibitie met betrekking tot technisch lezen. Er wordt gekeken wat de grootste voorspeller van technisch lezen is, hoe de variabelen met elkaar correleren en/of elkaar versterken. Zo wordt er een sterke relatie tussen processing speed/verbal fluency en de fonologische lus beschreven (Borella & de Ribaupierre, 2014) en wordt in dit onderzoek onderzocht of de executieve functies elkaar versterken of dat de ene functie voorwaardelijk is voor de andere functie. Er is nog niet eerder onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van de fonologische lus door middel van de afname van de eerste trial van '15 woorden leertaak' in een auditieve en een pictoriale versie. Daarnaast is er geen onderzoek gedaan naar de relatie van de fonologische loop, op deze manier gemeten, met technisch lezen. Door kennis te generen over de relatie tussen deze cognitieve aspecten met betrekking tot technisch lezen geeft dit meer inzicht in het leesproces van kinderen. Door dit onderzoek kan er aan leerkrachten een breder pallet aan interventies geboden worden waaruit zij kunnen kiezen, zodat kinderen die uitvallen mogelijk gerichter geholpen kunnen worden.

## Lezen

Lezen stimuleert de fantasie, vergroot de woordenschat, kan voor ontspanning zorgen en is belangrijk voor de sociale ontwikkeling. Het is een gegeven dat technisch lezen aan de basis staat van het verdere leerproces. Technisch lezen is belangrijk om tot leren te komen in de verdere schoolloopbaan van kinderen en een goede leesvaardigheid is een voorwaarde voor succesvol functioneren in de samenleving (Vernooy, 2007).

Lezen is een complex cognitief proces dat wordt gedefinieerd als het vermogen om geschreven tekst te gebruiken om betekenis te extraheren en te construeren (Dawes et al., 2015). Het leesproces verloopt van de letter-klankkoppeling tot de snelheid en nauwkeurigheid die nodig is om te kunnen lezen (van der Sande, 2015; Vernooy, 2007). Technisch lezen is het decoderen en vervolgens verklanken van letters tot een woord. De basis van het leren lezen is daarom de klank-tekenkoppeling (Vernooy, 2007). Het is belangrijk dat kinderen alle letters kennen om tot lezen te komen. De klank-tekenkoppeling dient voldoende geautomatiseerd te zijn. Dit betekent dat een kind weet welke klank bij welke letter hoort (Vernooy, 2007). Technisch lezen begint met rijmen, klanken in woorden onderscheiden en de geschreven woorden omzetten in taal. Leren lezen vereist kennis over het geschreven alfabet en de klankstructuur van mondelinge taalgebruik kunnen begrijpen. Kinderen moeten verbanden leggen tussen de visuele symbolen voor letters en woorden tijdens het proces van het leren lezen (Braams, 2012; van der Sande, 2015). Lezen is gebouwd op een fundament van nauwkeurige en stabiele fonologische representaties en kennis van fonemen. Dit fonemisch bewustzijn ondersteunt kinderen om cruciale verbanden te leggen tussen grafemen en fonemen in de vroege stadia (Dawes et al., 2015). Het fonologische proces is de associatie tussen geluid en letters, dat is het begrijpen van de klank-tekenkoppeling en de uitzonderingen op deze regels.

In het onderzoek worden twee soorten leestesten afgenomen: woorden en non-woorden. Om woorden te kunnen lezen moeten kinderen de letters kennen. Om een woord te lezen moeten kinderen de letters afzonderlijk kunnen lezen en deze in een woord kunnen plakken. Hoe meer een kind gelezen heeft hoe vaker herkenning plaats kan vinden en hoe sneller de woorden gelezen kunnen worden (Vernooy, 2007). Non-woorden zijn uitsprekbare, niet bestaande woorden die voldoen aan de fonologische combinatieregels van het Nederlands (Braams, 2012). Non-woorden moeten compleet verwerkt worden, er is geen herkenning mogelijk vanuit het geheugen. Om de woorden te lezen moeten ze volledig gedecodeerd worden om ze goed te lezen. De woorden moeten nauwkeurig verwerkt worden om ze te kunnen nazeggen en om ze kort te kunnen onthouden. Bij het lezen van non-woorden zijn minimaal drie stadia te onderscheiden: de visuele segmentatie van het woord in letters of lettergroepen (raam in r-aa-m), het koppelen van letters of lettergroepen aan klanken en het samenvoegen van de klanken tot een vloeiend uitgesproken woord (Braams, 2002).

Dyslecten hebben meer moeite met het verwerken en manipuleren van woorden op het foneemniveau. Ze hebben meer moeite met het decoderen van losse woorden. Non-woorden doen een maximaal beroep op de 'zwakke plek' van dyslecten, de fonologische verwerking en geven daarom

zoveel problemen. Doordat de kennis over woorden door veel te lezen sterk verbetert, leren dyslecten wel lezen. Bij non-woorden, waarover geen kennis aanwezig is, valt die hulpbron weg (Braams, 2002), alle letters moeten gelezen en onthouden worden en deze letters moeten omgezet worden in een woord.

### **Executieve functies**

Executieve functies zijn sterk betrokken bij het leren lezen en het leesproces (Diamond, 2013; Dawes et al., 2015), met name werkgeheugen, inhibitie (van der Sluis, de Jong & van der Ley, 2003; Vandenbroucke, Verschueren & Baeyens, 2016) en processing speed (Jacobson et al., 2016).

Executieve functies zijn onderdeel van het centrale executieve systeem dat het handelen van een individu aanstuurt. Het zijn mentale processen die nodig zijn om gedachten, gedrag en emoties te controleren en maken het mogelijk om eerst na te denken voordat er gehandeld wordt (Diamond, 2013; Vandenbroucke et al., 2016; Banales, Kohnen & McArthur, 2015). Ook om activiteiten te plannen en te sturen, te kunnen concentreren, doelgerichte acties uitvoeren en opzettelijk te reageren op de omgeving zijn executieve functies nodig (Diamond, 2013; Vandenbroucke et al., 2016; Gooch, Thompson, Nash, Snowling, & Hulme, 2016). Inhibitie, werkgeheugen en shiften (het vermogen om aandacht te verschuiven of te schakelen tussen strategieën) zijn de drie aspecten van executieve functies die veelal in de literatuur worden onderscheiden (Baddeley, 1996; Van der Sluis et al., 2003). Executieve functies zijn gerelateerd aan schoolse vaardigheden zoals lezen en met name werkgeheugen en inhibitie vertonen de meeste samenhang met lezen (Van der Sluis et al., 2003).

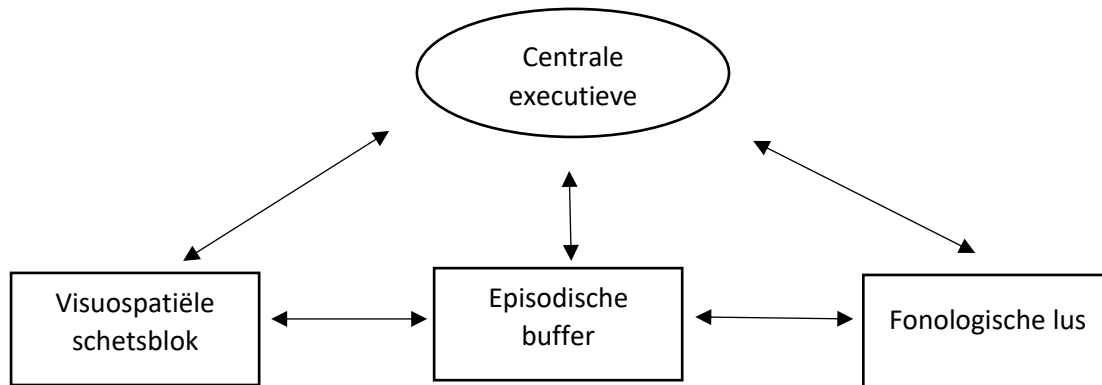
### **Werkgeheugen**

Het werkgeheugen is een tijdelijke opslagplaats voor taak-relevante informatie in de hersenen en is verantwoordelijk voor het op korte termijn onderhouden van informatie tijdens gelijktijdige verwerkingsactiviteiten (Baddeley, 2012; Camos & Barrouillet, 2014; Diamond, 2013). In het werkgeheugen vindt gelijktijdige opslag en manipulatie van informatie plaats; dit vindt plaats binnen het actieve en passieve systeem van de fonologische lus. Het is een centraal systeem dat mensen in staat stelt om de omgeving en zichzelf te interpreteren en te begrijpen door tijdelijke representaties te construeren. Deze representaties kunnen worden gezien als mentale modellen die gebouwd worden met behulp van interne en externe gegevens (Baddeley, 2012; Camos & Barrouillet, 2014). Het werkgeheugen is een cognitief systeem voor het onderhoud, de manipulatie en monitoring van informatie die momenteel niet beschikbaar is in de zintuiglijke omgeving en is nauw gekoppeld aan leren en het meest gerelateerd aan lezen en wiskunde (Swanson, 2001). Informatiestromen worden geregeld door het werkgeheugen, zoals het kunnen opdelen van woorden in klanken en het zorgt ervoor dat informatie op het juiste moment beschikbaar is (Swanson & Howell, 2001). Het doel van het werkgeheugenmodel van Baddeley (2012) is een functionele basisbeschrijving te bieden van hoe



interne mentale representaties worden bijgehouden tijdens complexe cognitieve verwerking (Buchsbaum, 2013).

### Werkgeheugenmodel van Baddeley



Figuur 1. Schematische weergave van het werkgeheugenmodel van Baddeley

Een veelgebruikte theorie over het werkgeheugen is het model van Baddeley (Baddeley, 2012). De term werkgeheugen komt van de term kortetermijngeheugen en was aanvankelijk bedoeld als vervanging van het idee van een enkel flexibel kortetermijngeheugensysteem (Baddeley, 2012). In plaats daarvan bevat het een aantal componenten die verantwoordelijk zijn voor verschillende vormen van verwerking en tijdelijke opslag van informatie (Roodenrijs, Koloski & Grainger, 2001). Het werkgeheugen van Baddeley (2012) bestaat uit vier componenten: een centrale executieve, de fonologische lus, het visuospatiële schetsblok en de episodische buffer. Deze vier componenten van het werkgeheugen werken samen om een werkgeheugen te creëren waarmee veel complexe cognitieve taken, zoals lezen, kunnen worden voltooid (Dawes et al., 2015).

De centrale executieve heeft als taak het aanpassen en accommoderen van nieuwe input. De centrale executieve is geïntegreerd met twee *slave systems*; de fonologische lus en het visuo-spatiële schetsblok (Roodenrijs et al., 2001). Zij zijn ondergeschikt aan de centrale executieve (Baddeley, 2012). De centrale executieve stuurt de aandacht en de informatiestroom in de fonologische lus en het visuospatiële schetsblok (Baddeley, 2012; Meijs, Hurks, Wassenberg, Feron & Jolles, 2016; Roodenrijs et al., 2001). Een functie van het centrale executieve systeem is resource control: het vermogen om aandachtsbronnen toe te wijzen wanneer twee of meer mentale activiteiten tegelijkertijd worden uitgevoerd (Perry & Malaia, 2013).

De episodische buffer is een multidimensionale opslag en integreert informatie vanuit verschillende subsystemen van het werkgeheugen (visueel, ruimtelijk en fonologisch) zodat de

informatie begrijpelijk is. Dit zorgt ervoor dat we problemen kunnen oplossen en vroegere ervaringen kunnen evalueren op grond van nieuwe kennis (Baddeley, 2012; Perry & Malaia, 2013).

Het visuospatiële schetsblok en de fonologische lus worden beiden gezien als *slave systems* van de centrale executieve. Het visuospatiële schetsblok wordt gecontroleerd en gemonitord door de centrale executive (Buchsbaum, 2013). De centrale executive en visuospatiële schetsblok representeren visuospatieel werkgeheugen (Banales et al., 2015). Visuele informatie zoals afbeeldingen, de omgeving en gezichten van mensen met een limiet van drie tot vier objecten worden door het visuospatiële schetsblok opgeslagen. Deze informatie kan tijdelijk opgeslagen en gemanipuleerd worden (Baddeley, 2012; Meijs et al., 2016; Perry & Malaia, 2013) en speelt een belangrijke rol in de generatie en manipulatie van mentale beelden (Swanson & Howell, 2001).

De fonologische lus wordt gereguleerd door de centrale executieve en wordt, evenals het visuospatiële schetsblok, gezien als een *slave system* van de centrale executieve. De taak van de fonologische lus is het opslaan van auditieve informatie, zoals klanken en gesproken woorden. De lus bestaat uit twee componenten: een fonologische opslagplaats, dit is een passief systeem voor de opslag van informatie; de items worden onderhouden in de opslag door een proces van articulatie (Perry & Malaia, 2013). Het tweede component, een articulatorisch herhalingsproces is een actief systeem voor het verversen van informatie en voor het omzetten van visueel benoembare informatie naar een fonologische code (Baddeley, 2003; Buchsbaum, 2013; Meijs et al., 2016; Steinbrinck & Klatte, 2007). De fonologische opslagplaats kan geheugensporen gedurende twee-drie seconden vasthouden voordat de vervaging plaatsvindt. Geheugensporen kunnen worden vernieuwd door ze op te halen en opnieuw te articuleren met behulp van het tweede component, het articulatorisch herhalingsproces. Het geheugen heeft een beperkte tijdsspanne, omdat articulatie in realtime plaatsvindt. Naarmate het aantal gerepeteerde items toeneemt bereikt het een punt waarop het eerst item vervaagd is voordat het gerepeteerd kan worden (Baddeley, 2003). Hoe sneller een persoon een set woorden kan articuleren (verbale vloeiendheid of verbal fluency), hoe groter zijn verbale geheugenspanne (Buchsbaum, 2013; Camos & Barrouillet, 2014). De fonologische lus is een belangrijke bron van de aanzienlijke toename van de geheugencapaciteit naarmate kinderen ouder worden en het verhoogde repetitietempo waarmee het kind steeds meer verbaal materiaal in de fonologische opslagplaats kan bewaren. Voor de leeftijd van 7 jaar treedt spontane repetitie niet betrouwbaar op. Bij jongere kinderen bestaat de fonologische lus daarom alleen uit de fonologische opslagplaats (Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing, 2004). De fonologische lus is het onderdeel van het werkgeheugen dat is gespecialiseerd voor kortdurend onderhoud van het verbaal korte termijngeheugen. Langzame articulatie is een maatstaf voor de verwerkingssnelheid binnen de fonologische lus (Kibby, 2009). De centrale executieve en fonologische lus representeren het verbale werkgeheugen (Banales et al., 2015). De vier componenten van het werkgeheugen van Baddeley werken samen om een werkgeheugen te creëren waarmee veel complexe cognitieve taken, zoals lezen, kunnen worden voltooid (Baddeley, 2003; Dawes et al., 2015).

## **Korte termijngeheugen**

Het korte termijngeheugen is het geheugen dat informatie voor een korte termijn vasthoudt (Baddeley, 2012). Het korte termijngeheugen heeft twee kenmerken waarin mensen verschillen: de capaciteit (de hoeveelheid informatie die tegelijkertijd in het werkgeheugen past) en de snelheid waarmee de informatie wegzakt uit dit geheugen. Dit kan variëren tussen enkele seconden tot enkele minuten. Het kan bovendien een beperkte hoeveelheid informatie bevatten (Baddeley, 2012; Bull, Espy & Wiebe, 2008; Swanson & Howell, 2001). Zoals hierboven beschreven zijn de onderdelen uit het werkgeheugenmodel van Baddeley die betrokken zijn bij het korte termijngeheugen zijn de centrale executieve en de fonologische lus (Baddeley, 2012). Het passieve systeem van de fonologische lus, de fonologische opslagplaats, is een belangrijke onderdeel van het korte termijngeheugen (Perry & Malaia, 2013). De mate van het actief zijn van het articulatoirisch herhalingsstelsel van de fonologische lus is van belang voor het korte termijngeheugen, omdat dit invloed heeft op de hoeveelheid informatie die in de passieve opslag van de fonologische lus gehouden kan worden. Baddeley (2012) beschrijft het korte termijngeheugen als een label voor een paradigma waarin kleine hoeveelheden informatie worden opgeslagen over een korte vertraging en korte termijngeheugen als een theoretisch opslagsysteem.

## **Processing speed**

Processingspeed kan gedefinieerd worden als de tijd die nodig is om een bepaalde intellectuele taak uit te voeren of de hoeveelheid werk die binnen een bepaalde periode voltooid kan worden. Processing speed verwijst naar de hoeveelheid tijd die nodig is om een juiste beoordeling van een prikkel te maken (Christopher et al, 2012; Marraccini, Weyandt, Rossi & Gudmundsdottir, 2016). Een andere benadering van processing speed is verbal fluency, dat is de snelheid waarmee woorden gearticuleerd kunnen worden (Cohen, Morgan, Vaughn, Riccio & Hall, 1999). De snelheid van articulatie is van belang voor de fonologische lus en vindt plaats in het articulatoirische herhalingsstelsel van de fonologische lus. Hoe sneller woorden genoemd kunnen worden, hoe minder snel vervaging plaatsvindt (Baddeley, 2003). Processing speed, in de vorm van verbale vloeiendheid, kan een oorzaak zijn voor individuele verschillen in het korte termijngeheugen (Rodríguez-Villagra et al., 2013).

## **Inhibitie**

Rodríguez-Villagra, Göthe, Oberauer & Kliegl (2013) suggereren dat cognitieve processen zoals inhibitie en processing speed verantwoordelijk zijn voor individuele verschillen in het korte termijngeheugen. Inhibitie doet een beroep op het vermogen van het kind relevante informatie uit een opdracht te halen en afleidende informatie te negeren. Ook kan inhibitie in een bepaalde situatie een automatische neiging onderdrukken (Chung, Weyandt & Swentosky, 2014; Diamond, 2013). Van der Sluis, de Jong & van der Leij (2004) stellen dat inhibitie de belangrijkste factor is van alle executieve functies, aangezien alle executieve functies remmende processen omvatten.

## **De relaties tussen het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, de fonologische lus, inhibitie en processing speed met technisch lezen**

### **Het verbaal werkgeheugen en technisch lezen**

De fonologische lus vormt samen met het visuospatieële schetsblok, de episodische buffer en de centrale executieve het werkgeheugen (Baddeley, 2012). De werkgeheugencapaciteit is een belangrijke voorspeller van succes in leren, ongeacht het IQ (Alloway, Gathercole, Kirkwood, Elliot, 2009; Perry & Malaia, 2013) en is een bepalende factor bij het leren lezen en het leesproces (Dawes et al., 2015) omdat technisch lezen (lezen van woorden en non-woorden) betrekking heeft op de gelijktijdige informatieverwerking en opslag. De capaciteit van het werkgeheugen is beperkt, informatie wordt gedurende twee-drie seconden vastgehouden in het werkgeheugen (Vernooy, 2007). Wanneer kinderen spellend lezen komt het werkgeheugen onder druk te staan, bij spellend lezen wordt het woord letter voor letter uitgesproken, voordat het woord in één keer uitgesproken wordt (Vernooy, 2007). Swanson & Alexander (1997) stellen dat een belangrijke vaardigheid van lezen is dat binnenkomende informatie tijdelijk moet worden bewaard, terwijl andere informatie wordt verkregen of gemanipuleerd. Kinderen die moeite hebben met lezen hebben een slechte fonologische verwerking en vertonen tekorten in de werkgeheugengebieden die betrokken zijn bij de verwerking van de informatie, de fonologische lus, en het manipuleren van informatie, de centrale executieve (Dawes et al., 2015). Uit onderzoek blijkt werkgeheugen de uniekste voorspeller van lezen te zijn (Dawes et al., 2015; Perry & Malaia, 2013), maar specifiek naar het verbale werkgeheugen en de fonologische lus, is minder onderzoek gedaan in relatie tot lezen.

### **Het verbaal korte termijngeheugen en technisch lezen**

Het verbaal korte termijngeheugen is relevant voor het leesonderwijs omdat het geheugen informatie voor een korte termijn vasthoudt. Dit kan variëren tussen enkele seconden en minuten (Baddeley, 2012). De capaciteit van het korte termijngeheugen en de snelheid waarmee de informatie wegzakt uit het geheugen kan per mens verschillen (Baddeley, 2012; Swanson & Howell, 2001). Uit het onderzoek van Burns, Davidson, Zaslofsky, Parker & Maki (2018) bleek het korte termijngeheugen een belangrijke voorspeller voor het fonologisch bewustzijn en het lezen van woorden. Melby-Lervåg (2012) concluderen in hun onderzoek dat de relatie tussen het verbaal kortetermijngeheugen en lezen matig tot groot is, Kibby (2009) concludeerde zelfs dat het verbaal korte termijngeheugen een grote voorspeller is voor lezen.

Uit onderzoek van Fowler (1991) blijkt dat problemen met het verbaal korte termijngeheugen bij kunnen dragen aan leesmoeilijkheden door een moeizaam fonologisch proces. Het fonologische proces is de associatie tussen geluid en letters, dat is het begrijpen van de klank-tekenkoppeling en de uitzonderingen op deze regels. Technisch lezen is het decoderen en vervolgens verklanken van letters tot een woord. De basis van het leren lezen is daarom de klank-tekenkoppeling, dit vindt plaats in het korte termijngeheugen (Fowler, 1991; Vernooy, 2007).

In het onderzoek van Kibby (2009) werd er een onderscheid gemaakt in het lezen van woorden en non-woorden. Bij het lezen van non-woorden vindt geen herkenning plaats en het hele woord moet gelezen worden. Het verbaal korte termijngeheugen is volgens Kibby (2009) een sterke voorspeller voor het lezen van non-woorden, maar niet voor het lezen van woorden. De snelheid van het articuleren (verbale vloeiendheid) speelt een rol bij het lezen van non-woorden. Wanneer woorden vertrouwd zijn is het verbaal korte termijngeheugen niet meer nodig. Bij het leren lezen van nieuwe woorden en voor het lezen van non-woorden moeten woorden gedecodeerd worden en is het verbaal korte termijngeheugen wel nodig. Het functioneren van het verbaal korte termijngeheugen kan het decodeervermogen beïnvloeden, daarom is het volgens Kibby (2009) een belangrijk interventiegebied.

De fonologische verwerking is het vermogen om de correcte structuur van mondelinge taal te gebruiken tijdens het verwerken van geschreven taal (Brandenburg, Schuchardt, Büttner, Kleszczewski, Fischbach, Hasselhorn, 2017). Tijdens het technisch lezen behoudt de fonologische lus een akoestische weergave van de woorden en helpt het om inhoud en betekenis af te leiden (Brandenburg et al., 2017). Nauwkeurige en stabiele fonologische representaties van woorden moeten worden gehandhaafd door het actieve articulatorisch herhalingsproces in de fonologische lus om effectief nieuwe informatie vast te houden en te coderen voordat de informatie naar het lange termijngeheugen gaat (Dawes et al., 2015; Swanson & Howell, 2001). Het ondersteunen van het koppelen van fonologische representaties aan passende grafemen, wat centraal staat in het lezen, wordt ondersteund door het actieve gedeelte van de fonologische lus. Deze speelt een belangrijke rol in het leren van woorden, helpt kinderen de grafeem-foneem verbinding te maken en speelt een essentiële rol bij het verwerven van leesvaardigheden (Peng et al., 2017). Het actieve gedeelte van de fonologische lus, het articulatorisch herhalingsstelsel speelt een belangrijke rol bij het leren lezen.

Wanneer de capaciteit van de fonologische lus ontoereikend is, zal, naar alle waarschijnlijkheid, de informatie van nauwkeurige en stabiele fonologische representaties verstoord zijn. Dit heeft een effect op het vermogen van een kind om de juiste grafeem-foneemreeks te vinden die noodzakelijk zijn om vloeiend lezen te ontwikkelen. Een zwak fonologisch werkgeheugen kan zwakke fonologische representaties tot gevolg hebben. Dit zien we ook bij kinderen met dyslexie en kinderen met een taalontwikkelingsstoornis, waarbij de fonologische lus van kinderen met dyslexie en kinderen met een taalontwikkelingsstoornis minder goed ontwikkeld is dan die van normaal ontwikkelde kinderen, zelfs nadat hun taalproblemen (ogenschoonlijk) verdwenen zijn (de Bree, Wilsenach & Gerrits, 2004). Tijdens de vroege ontwikkeling van woordidentificatievaardigheden kunnen kinderen met een slechte fonologische verwerkingscapaciteit, waaronder fonemisch bewustzijn en verbaal werkgeheugen, worden geïdentificeerd als risicoleerlingen voor het leren lezen. Leesmoeilijkheden worden verhoogd door het coderen van informatie, taalkundig in plaats van visueel (Dawes et al, 2015). Het articulatorisch herhalingsstelsel, wat plaatsvindt in de fonologische lus, lijkt van invloed op technisch lezen (Peng et al., 2017). Nog onbekend is de exacte relatie tussen de ontwikkeling van het actieve articulatorische herhalingsstelsel en technisch lezen.

### **Processing speed en technisch lezen**

Processing speed is een belangrijk domein van cognitieve vaardigheid (Deary, Johnson & Starr, 2010) en speelt een grote rol bij zowel het vloeiend lezen alsmede geïsoleerde woordaflezing (Jacobsen, 2016). Zowel Lobier, Dubois & Valdois (2013) als Leonard, Low, Jonczak, Schmutz, Siegel en Beaulieu (2011) stellen dat een hoge processing speed een belangrijke voorspeller is voor leessnelheid en leesvermogen. Volgens Betjemann et al. (2010) wordt processing speed gelinkt aan het IQ; een hoge processing speed voorspelt een hoger IQ. Jacobson et al. (2016) concluderen echter dat processing speed geen unieke voorspeller is van lezen, omdat ook werkgeheugen significant bijdraagt aan leesvaardigheid. Er zijn meerdere factoren van invloed op leesvaardigheid (Jacobson et al., 2016), waarbij de invloed van processing speed op andere relevante indicatoren zoals het verbale werkgeheugen en inhibitie nog onderzocht moet worden.

Uit de literatuur is gebleken dat het verbale werkgeheugen, inhibitie en processing speed indicatoren zijn van het leesproces. Processing speed en de fonologische lus hebben een sterke relatie met elkaar, omdat processing speed/verbale vloeiendheid de snelheid van het verversen van de informatie in de fonologische lus bepaalt. Processing speed/verbale vloeiendheid is dus een maat van de actieve component van de fonologische lus (Betjemann et al., 2010).

(Borella & de Ribaupierre, 2014) stellen dat het werkgeheugen gezien kan worden als de grootste voorspeller van technisch lezen (Alloway, Gathercole, Kirkwood, Elliot, 2009; Perry & Malaia, 2013). Processing speed wordt gezien als een hoofdkenmerk van kinderen met leesproblemen (Jacobson et al., 2016). Alle drie de aspecten zijn belangrijke voorspellers voor lezen, maar er is nog weinig onderzoek gedaan naar deze drie aspecten in relatie tot elkaar en met betrekking tot verschillende aspecten van technisch lezen.

### **Inhibitie en technisch lezen**

Inhibitiecontrole is relevant voor het leesonderwijs, omdat het van kinderen vraagt zich te focussen op hun taak tijdens het lezen, zich niet laten afleiden door prikkels uit de omgeving en de afleidende informatie te remmen (van de Sande, 2015). Onderzoek naar de relatie tussen inhibitie en technisch lezen laten inconsistente bevindingen zien. Zo wordt er een positieve relatie tussen lezen en inhibitie aangetoond en gesteld dat inhibitie invloed heeft op het leesproces van kinderen (German, Reynolds & Lee Swanson, 2012; Vandenbroucke et al., 2016) en slechte inhibitie kan bijdragen aan een slechte woordherkenning (Chappe, Hasher & Siegel, 2000). Daartegenover stellen Booth et al. (2014) en Van der Sluis et al. dat inhibitie geen significante unieke voorspeller is van leesvaardigheid (Booth et al., 2014). Het blijkt dus dat er nog geen consensus over de rol van inhibitie bij het lezen en daarom is het van belang dat dit verder onderzocht wordt.

### **Vraagstellingen en hypothesen**

De vraagstelling die in dit onderzoek centraal staat luidt: Wat is de relatie tussen het verbale werkgeheugen, het verbale korte termijngeheugen (passieve opslag capaciteit van de fonologische lus),

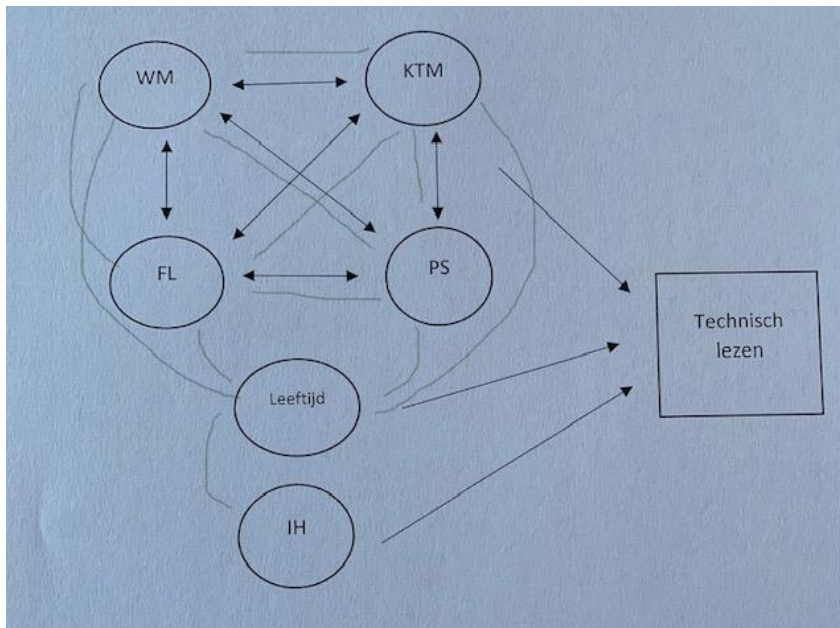
de mate van actief zijn van het articulatorische herhalingsysteem van de fonologische lus, processing speed (snelheid van het articulatorische herhalingsysteem), inhibitie en leeftijd met betrekking tot technisch lezen?

Eerst wordt er een exploratie uitgevoerd om de onderlinge relaties tussen het verbale werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorische herhalingsysteem van de fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd te onderzoeken. Vervolgens wordt onderzocht wat de onderlinge relatie is van het verbale werkgeheugen, verbale korte termijngeheugen, fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd met twee aspecten van technisch lezen: het lezen woorden en non-woorden. Daarnaast wordt onderzocht welke van deze factoren de grootste voorspeller van technisch lezen is. Er wordt onderzocht welke factoren elkaar versterken of juist verzwakken door middel van het onderzoeken van interacties tussen verbale werkgeheugen, verbale korte termijngeheugen, fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd.

De deelvragen luiden als volgt:

- Deelvraag A: Wat is de onderlinge relatie tussen het verbaal werkgeheugen (WM), het verbaal korte termijngeheugen (KTM), de mate van actief zijn van het articulatorische herhalingsysteem van de fonologische lus (FL), processing speed (PS) en inhibitie (IH)?
- Deelvraag B: Wat is de relatie tussen WM, KTM, FL, PS, IH, en leeftijd?
- Deelvraag C: Wat is de relatie tussen WM, KTM, FL, PS, IH, en de twee aspecten van technisch lezen?
- Deelvraag D: Welke van de factoren, WM, KTM, FL, PS, IH en leeftijd is de grootste voorspeller voor het lezen van woorden en welke interacties zijn er in de voorspelling van het lezen van woorden?
- Deelvraag E: Welke van de factoren, WM, KTM, FL, PS, IH en leeftijd is de grootste voorspeller voor het lezen van woorden en welke interacties zijn er in de voorspelling van het lezen van non-woorden?

In figuur 2 staan de variabelen en onderzoeksvragen grafisch weergegeven, waarbij de dunne lijnen de interacties aangeven.



Figuur 2. Onderzoeksmodel

## Methode

### Ontwerp

In dit onderzoek wordt de relatie tussen het verbale werkgeheugen, processing speed en inhibitie gemeten met betrekking tot technisch lezen. Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van een correlationeel design. Om antwoord te kunnen geven op de vragen in het onderzoek zijn diverse testen afgenomen om het verbale werkgeheugen, het verbale korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsysteem van de fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd te testen met betrekking tot technisch lezen te in kaart te brengen.

De testen die zijn afgenomen voor technisch lezen zijn in dit onderzoek zijn: de drie minutentoets (DMT; lezen van woorden), Klepeltest (lezen van non-woorden), voor de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsysteem van de fonologische lus is een gedeelte van de 15 woorden leertaak, voor het verbale werk- en korte termijn geheugen een woordspannetaak, voor processing speed een verbale vloeiendheidtaak en voor inhibitie een Flanker Fishtaak. De resultaten van CITO DMT werden opgevraagd, deze was reeds door de leerkracht afgenomen in het kader van het curriculum. Door deze testen af te nemen kan onderzocht worden wat de relatie van de verschillende onderdelen van het verbale werkgeheugen, processing speed en inhibitie is met betrekking tot technisch lezen. De uitkomst wordt geanalyseerd middels correlatie- en regressie analyses. Dit onderzoek maakt deel uit van een groter geheel; het wordt gekoppeld aan een dataset waarin dezelfde testen worden afgenomen.



## **Onderzoeksgroep**

Aan het huidige onderzoek namen basisschoolleerlingen deel van groep 3 t/m groep 5 uit de regio Gelderland. Deze kinderen hebben de leeftijd van 5 tot en met 9 jaar. Voor dit onderzoek zijn 150 respondenten benaderd. Er is geprobeerd rekening te houden met een evenwichtig aantal uit alle drie de groepen en tussen het aantal jongens en meisjes.

Bij een large effect size van 0.35 werd door middel van een powerberekening berekend dat een sample size van 75 kinderen nodig was. Bij een medium effect size van 0.15 was een sample size van 89 kinderen nodig. Het streven was om voldoende leerlingen te testen zodat de uitkomst generaliseerbaar is. Uiteindelijk hadden 67 (44,7%) kinderen van de 150 benaderde kinderen toestemming gekregen om deel te nemen aan het onderzoek. Om extra respondenten te krijgen zijn er herinneringsbrieven en een herinneringsmail naar ouders gestuurd, maar dit heeft helaas niet geleid tot meer aanmeldingen. Dit betekent dat de sample size lager is dan gehoopt. Zoals boven beschreven maakt dit onderzoek deel uit van een groter onderzoek, waardoor bekend is dat er een te kleine dataset is in het huidige onderzoek om sommige uitspraken te mogen doen. Alle uitspraken dienen derhalve voorzichtig geïnterpreteerd te worden. De analyses zijn dus exploratief en in het kader van studentonderzoek uitgevoerd. Het onderzoek is goedgekeurd door cETO, kenmerk U2018/021999/HVM.

## **Materialen**

### **CITO DMT**

De technische leesvaardigheid werd gemeten middels CITO DMT. Deze zijn afgenomen door de eigen leerkracht en de resultaten zijn ingevoerd in het CITO leerlingvolgsysteem. De resultaten van de meest recente toetsen, juni 2018, zijn meegenomen in het onderzoek.

Bij de CITO DMT moesten de kinderen drie keer een minuut lang zoveel mogelijk woorden goed oplezen van een kaart. De drie verschillende kaarten lopen op in moeilijkheidsgraad en lengte van de woorden. De eerste kaart begint met klankzuivere woorden als 'fee' en 'oom'. De tweede kaart begint met woorden als 'knoop' en 'gras' en gaat snel over in samengestelde woorden. De derde kaart bevat woorden die bestaan uit meerdere lettergrepen, woorden als 'handdoek' en 'koningin'. Alle drie de groepen lezen kaart 1, 2 en 3. Op basis van het aantal goed gelezen woorden werd een vaardigheidsscore en niveau bepaald. De toetsen worden voor wat betreft de betrouwbaarheid als goed beoordeeld door Cotan (Krom, Jongen, Verhelst, Kamphuis & Kleintjes, 2010). Hoe meer goed gelezen woorden, hoe hoger de score. Voor kaart één en twee geldt een minimumscore van 0 en een maximumscore van 150, voor kaart drie geldt een minimumscore van 0 en een maximumscore van 120. Om het technisch leesniveau te bepalen werd binnen SPSS de score van alle drie de kaarten bij elkaar opgeteld. Hiervoor gold een minimumscore van 0 en een maximumscore van 420 goed gelezen woorden.

## **Klepel**

De Klepeltest is een test voor de technische leesvaardigheid. Bij de Klepeltest wordt gewerkt met non-woorden. Non-woorden zijn uitspreekbare, niet bestaande woorden die voldoen aan de fonologische combinatieregels van het Nederlands (Braams, 2012). Non-woorden moeten compleet verwerkt worden, er is geen herkenning mogelijk en dit vraagt om een nauwkeurige analyse, er kan niet teruggevallen worden op bestaande kennis. Bij de Klepeltest lezen kinderen in een tijdsspanne van twee minuten zoveel mogelijk non-woorden correct, hoe meer goed gelezen woorden, hoe hoger de leesvaardigheid (de Bree & Wijnen, 2008). Voor de Klepeltest gold een minimumscore van 0 en een maximumscore van 116. De Klepeltest wordt voor wat betreft de betrouwbaarheid als goed beoordeeld (Van den Bos, Scheepstra, & Lutje Spelberg, 1993).

## **1<sup>e</sup> trial 15 woorden leertaak pictoriaal en auditief**

Om de ontwikkeling van het articulatoirische herhalingsysteem van de fonologische lus te onderzoeken werd tweemaal de 1<sup>e</sup> trial van de 15 woordenleertaak aangeboden: eenmaal in een pictoriale modaliteit en eenmaal in een auditieve modaliteit. In deze test werden 15 woorden aangeboden en moesten de kinderen na de presentatie alle woorden die ze zich konden herinneren opzeggen, waarbij de volgorde van opnoemen niet van belang was. Er waren drie parallelle versies: ieder kind kreeg voor beide modaliteiten een andere versie gepresenteerd om hertest effecten te voorkomen. Door het aantal genoemde woorden in de auditieve afname af te trekken van het aantal genoemde woorden in de pictoriale afname werd de score berekend (Meijs, Hurks, Roozendaal, Jolles & de Moore, 2012). Dit betekent dat wanneer er meer plaatjes onthouden kunnen worden dan gehoorde woorden de fonologische lus actief is. De maximumscore die gehaald kan worden was +15, de minimumscore was -15. Een positieve waarde is een indicatie voor een actief articulatoirische herhalingsysteem van de fonologische lus. De 15 woorden leertaak is een veelgebruikte test in de kliniek en voor onderzoek naar geheugen. De betrouwbaarheid van de totale afname van deze test is hoog (Meijs et al., 2012).

## **Woordspannetaak**

Een woordspannetaak wordt afgenomen om het verbale korte termijn-, en werkgeheugen te meten. Deze taak is gebaseerd op de Digit span taak zoals die in onder andere intelligentietesten is opgenomen (Baddeley, 2003). De taak werd auditief afgenomen. In deze test kregen de kinderen woorden gepresenteerd die in aantal toenemen, deze moesten ze na de presentatie in een voorgeschreven volgorde (dezelfde volgorde voor het KTM of achterwaarts voor WG) opnoemen. Er zijn steeds drie reeksen van dezelfde lengte, variërend van twee woorden tot en met acht woorden. Er werd gebruik gemaakt van 11 verschillende woorden. Wanneer in één reeks drie keer het verkeerde antwoord gegeven werd, werd de test afgebroken. Hierbij gold; hoe meer reeksen kinderen goed

konden opnoemen, hoe hoger de score. De minimumscore is 0, de maximumscore is 21. De test-hertest betrouwbaarheid van de Digit Span is beoordeeld als voldoende (Alloway, 2006).

### **Flanker Fishtaak**

Inhibitie werd gemeten met de Flanker Fishtaak (Mullane, Corkum, Klein, & McLaughlin, 2009; Christ, Kester, Bodner, & Miles, 2011). Kinderen zaten achter de computer en kregen een horizontale rij van vijf vissen te zien. Bij elke vis werd gevraagd of de kinderen zo snel mogelijk konden aangeven of de middelste vis naar links of naar rechts gericht stond. Wanneer de vis naar links gericht stond drukten de kinderen op de letter Q op het toetsenbord, wanneer de vis naar rechts gericht stond drukten zij op de letter P op het toetsenbord. Beide handen werden hierbij gebruikt. De vis waar het om ging bevond zich altijd in het midden. Er werden twee soorten tests uitgevoerd: congruent en incongruent. Bij congruente items zwommen alle vissen in dezelfde richting en bij incongruente items zwom de middelste vis in tegenovergestelde richting van de andere vissen. Deze werden tijdens de test door elkaar aangeboden.

Om de inhibitiemaat te berekenen werd het verschil tussen de goedscore op de incongruente items en de goedscore op de congruente items berekend (Mullane et al., 2009; Christ et al., 2011). Hoe hoger de score op deze test hoe meer het kind zich laat afleiden door prikkels uit de omgeving. De minimumscore die gehaald kan worden is 0, de maximumscore is 60. De betrouwbaarheid van de Flanker Fishtaak is beoordeeld als voldoende (Korkman, Kemp & Kirk, 1998).

### **Processing speed: verbal fluency**

Om processing speed te meten werd een verbal fluency test afgenomen. De verbal fluency test meet hoe snel het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus is. Bij deze test kregen kinderen de instructie zoveel mogelijk dieren binnen één minuut te noemen (van der Elst, Hurks, Wassenberg, Meijs & Jolles, 2011). Hoe meer goed genoemde dieren, hoe hoger de score. De minimumscore die gehaald kan worden is 0, de maximumscore is oneindig. De betrouwbaarheid van de verbal fluency test is hoog (Lezak, 1995).

### **Procedure**

Nadat de opzet van het onderzoek goedgekeurd werd door de begeleiders en de ethische commissie verbonden aan de OU werd er contact opgenomen met een basisschool in Gelderland om hen te benaderen voor deelname aan dit onderzoek. Er werd een informatiebrief verzonden aan de school en nadat zij toestemming hadden gegeven werd er een informatiebrief verstuurd aan ouders van leerlingen uit de groepen 3, 4 en 5 van de desbetreffende basisschool. Ouders leverden de toestemmingsbrief ondertekend in bij de leerkracht van de leerling, waarbij ze aangaven of hun kind wel of geen toestemming had tot deelname. Na twee weken werd een herinneringsmail gestuurd, een week later nog een brief ter herinnering om meer respondenten te krijgen. Na de inventarisatie van het

aantal deelnemers werd er een plan opgesteld om de testen bij de leerlingen af te kunnen nemen en werden de toetsresultaten van CITO DMT opgevraagd van de leerlingen waarvan de ouders toestemming hebben gegeven. Bij het opstellen van het schema was rekening gehouden met voorkeursdagen van de leerkrachten en schooltijden.

De afname van de testen bedroeg in totaal 60 minuten per leerling. Er is gekozen voor twee afnamemomenten van 2 keer 30 minuten per afnamemoment. De afname van de toetsen vond plaats in een rustige ruimte binnen de school. Iedere leerling werd door de onderzoeker opgehaald uit de klas en kreeg een korte uitleg over de te maken testen. De resultaten van de leerlingen werden anoniem verzameld.

### **Data-analyse**

Na het verzamelen van de data zijn deze in SPSS Statistics 22 (IBM, 2016) ingevoerd. Na het invoeren van de data is gecontroleerd op fouten, uitvallers en missende waarden. Vervolgens heeft een dataexploratie plaatsgevonden waarbij de normaliteit en extreme waarden zijn onderzocht. De extreme waarden zijn gecontroleerd met behulp van een *boxplot*.

Allereerst zijn de gemiddelden en standaard deviaties berekend alle variabelen (verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsysteem van de fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd. Vervolgens zijn er interactiefactoren berekend voor de regressie analyses tussen de werkgeheugematen en leeftijd en tussen werkgeheugen en processing speed, werkgeheugen en korte termijngeheugen, werkgeheugen en de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsysteem van de fonologische lus , korte termijngeheugen en de fonologische lus en korte termijngeheugen en processing speed.

### **Correlatieanalyses**

Correlatieanalyses zijn uitgevoerd om (a) de relatie tussen het verbale werkgeheugen, het verbale korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsysteem van de fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd te onderzoeken (onderzoeksvragen A en B) en (b) relatie tussen de werkgeheugematen, processing speed, inhibitie en leeftijd onderzocht met technisch lezen (woorden en non-woorden) te onderzoeken (onderzoeksvraag C). Om de *effectsize* van correlatie te bepalen wordt de volgende indeling aangehouden: rond de 0.1 is een klein effect, rond de 0.3 is een mediumeffect en rond de 0.5 en hoger is een groot effect ( Field, 2014).

### **Regressieanalyses**

Om te onderzoeken wat de grootste voorspeller is van technisch lezen van woorden en non-woorden zijn er twee multiple-regressie analyses uitgevoerd met het lezen van woorden en het lezen van non-woorden als uitkomstvariabelen (onderzoeksvragen D en E). De analyses zijn uitgevoerd in drie blokken. In het eerste blok zijn verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van

actief zijn van het articulatorisch herhalingsysteem van de fonologische lus, processing speed en inhibitie toegevoegd. In het tweede blok is leeftijd hieraan toegevoegd en in het derde blok zijn de interacties tussen verbaal werkgeheugen, korte termijnwerkgeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsysteem van de fonologische lus, processing speed en inhibitie met leeftijd toegevoegd.

Er is uitgegaan van een significantie bij een waarde  $p < .05$ . Er is tweezijdig getoetst, omdat er niet altijd een specifieke richting werd verwacht. Dit onderzoek gaat deel uitmaken van een ander onderzoek, waardoor bekend is dat er een te kleine dataset is in dit onderzoek om sommige uitspraken te mogen doen. Ook is er in dit onderzoek gekeken naar trends gekeken om te kijken in welke richting de samenhang gaat.

## **Resultaten**

### **Beschrijvende statistiek**

Na het invoeren van de data is gecontroleerd op fouten, uitvallers en missende waarden. In dit onderzoek was geen sprake van missende waarden. Na dataexploratie bleek dat er geen sprake was van extreme waarden. In totaal deden 67 kinderen mee aan het onderzoek ( $N = 67$ ); 27 jongens en 40 meisjes, verdeeld over de groepen 3 ( $n=22$ ), 4 ( $n=20$ ) en 5 ( $n=25$ ).

In tabel 1 in bijlage 1 wordt een opsomming gegeven van de beschrijvende statistiek van de maten voor het verbale werkgeheugen, het verbale korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsysteem van de fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd.

### **Correlatieanalyse**

#### **Onderzoeksvraag A: de onderlinge relatie tussen het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsysteem van de fonologische lus, processing speed en inhibitie**

De pure relaties tussen de variabelen worden weergegeven in tabel 2, kolom 2 - 5. Het verbaal werkgeheugen correleert positief middelmatig met het verbaal korte termijngeheugen. Dit betekent dat hoge scores op het werkgeheugen samengaan met hoge scores op het korte termijngeheugen. Het verbaal korte termijngeheugen correleert middelmatig negatief met inhibitie, dit betekent dat wanneer een kind hoog scoort op inhibitie (dit betekent slechte inhibitie), hij/zij een lagere score laat zien op het korte termijngeheugen. Inhibitie correleert niet met verbaal werkgeheugen. De fonologische lus en processing speed laten geen significante correlaties zien met de andere variabelen.

Tabel 2. Correlaties werkgeheugenmaten, leeftijd en lezen

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Fonologische lus	-	.02	-.08	.02	.01	.26***	.13	.05
2. Verbaal werkgeheugen		-	.41**	-.18	.18	.47*	.52*	.31***
3. Verbaal korte termijngeheugen			-	-.26***	.15	.30***	.37**	.23****
4. Inhibitie				-	-.15	-.19	-.33**	-.38**
5. Processing speed					-	.23****	.28***	.28***
6. Leeftijd						-	.67*	.53*
7. Lezen van woorden							-	.87*
8. Lezen van non- woorden								-

*Noot.* \* significant bij  $p < .001$ ,  $N = 67$ .  
 \*\* significant bij  $p < .01$ ,  $N = 67$ .  
 \*\*\* significant bij  $p < .05$ ,  $N = 67$ .  
 \*\*\*\* trend bij  $p < .1$ ,  $N = 67$ .

**Onderzoeksvraag B: de onderlinge relatie tussen het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn va het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd**

De pure relaties tussen de variabelen worden weergegeven in tabel 2, kolom 6. Leeftijd vertoont een sterke positieve relatie met het verbaal werkgeheugen en het verbaal korte termijngeheugen. Dat betekent dat hoe ouder een kind is, hoe beter het verbaal werkgeheugen en korte termijngeheugen is. Leeftijd correleert middelmatig positief met de fonologische lus, dat betekent dat hoe ouder een kind is, hoe beter het articulatorisch herhalingsstelsel werkt en hoe actieve de fonologische lus is. Leeftijd en processing speed laten geen significante correlatie zien, hoewel dit wel een trend is, die wijst in de richting van positief middelmatige samenhang. Dit betekent dat hoe ouder een kind is, hoe hoger de verwerkingssnelheid is. Inhibitie laat geen significante samenhang zien met leeftijd.

**Onderzoeksvraag C: de onderlinge relatie tussen het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus, processing speed, inhibitie en leeftijd met technisch lezen**

De pure relaties tussen de variabelen worden weergegeven in tabel 2, kolom 7 en 8. Het verbaal werkgeheugen heeft een sterk positieve correlatie met het lezen van woorden en middelmatig positief met het lezen van non-woorden. Dit betekent dat een hoge score op werkgeheugen samengaat met een goede prestatie op het lezen van woorden en non-woorden.

Het korte termijngeheugen laat een middelmatig positieve samenhang zien met het lezen van woorden, de samenhang tussen het korte termijngeheugen en het lezen van non-woorden is niet

significant, hoewel dit wel een trend is die wijst in de richting van een positief zwakke samenhang. Dit betekent dat een hoge score op het verbaal korte termijn geheugen samengaat met een goede prestatie op het lezen van woorden. De trend tussen het verbaal korte termijngeheugen en het lezen van non-woorden laten zien dat hoge scores op het verbaal korte termijngeheugen mogelijk samengaan met goede leesresultaten van non-woorden, maar minder sterk dan bij woorden.

Inhibitie heeft een middelmatige negatieve correlatie met het lezen van woorden en non-woorden. Dat betekent dat wanneer kinderen hoog scoren op inhibitie (slechte inhibitie), het leesniveau op zowel het lezen van woorden, als non-woorden laag is. Processing speed heeft een middelmatige positieve samenhang met het lezen van woorden en non-woorden. Dat betekent dat hoe hoger de processing speed, hoe beter het leesniveau. De fonologische lus heeft geen significante samenhang met het lezen van woorden en non-woorden. Leeftijd correleert sterk positief met het lezen van woorden en non-woorden. Dat betekent hoe ouder een kind is, hoe beter de prestaties zijn op het technisch lezen.

## Regressieanalyse

Welke van de factoren, het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd is de grootste voorspeller voor het lezen van woorden en welke interacties zijn er in de voorspelling van het lezen van woorden (onderzoeksvraag D)

Tabel 3

Het voorspellend vermogen van de variabelen verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd op het lezen van woorden.

	Model 1	Model 2	Model 3
	$\beta$	$\beta$	$\beta$
Verbaal WM	.39**	.20****	.18
Verbaal KTM	.15	.08	.05
Fonologische lus	.14	.01	.03
Inhibitie	-.20****	-.17****	-.18****
Processing speed	.15	.09	.06
Leeftijd	-	.50*	.55*
Interactie KTM lft			-.14
Interactie KTM PS			.02
Interactie WM FL			-.12
Interactie WM PS			-.10
Interactie WM lft			.13
Interactie WM KTM			.16
Interactie lft FL			.00
Interactie KTM FL			.05
Interactie PS en lft			.06
Interactie IH lft			.06
Interactie PS FL			-.18****
R <sup>2</sup>	.38*	.55*	.62*
$\Delta R^2$		.168	.071
n	67	67	67

Noot. \* significant bij  $p < .001$ ,  $N = 67$ .  
 \*\* significant bij  $p < .01$ ,  $N = 67$ .  
 \*\*\* significant bij  $p < .05$ ,  $N = 67$ .  
 \*\*\*\* trend bij  $p < .1$ ,  $N = 67$ .

De relaties tussen de variabelen worden weergegeven in tabel 3.

Om de voorspellende waarden het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd in de voorspelling van woorden lezen te onderzoeken is een stapsgewijze multiple regressieanalyse uitgevoerd. Er zijn interacties tussen verbaal werkgeheugen, korte termijnwerkgeheugen, fonologische lus, inhibitie, en processing speed met leeftijd opgenomen in de voorspelling van technisch lezen, deze resultaten staan in tabel 3.



In de eerste stap (model 1) zijn de voorspellende waardes het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de fonologische lus, inhibitie, processing speed nagegaan in relatie tot het lezen van woorden. Dit model is significant, ( $F(5, 61) = 7.58, p < .001$ ), de verklaarde variantie van de werkgeheugenmaten op het lezen van woorden is 38.3%, zie tabel 3. Het verbaal werkgeheugen is een significante voorspeller voor het lezen van woorden. Dit betekent dat een sterk werkgeheugen een goede leesvaardigheid van woorden voorspelt. De andere maten zijn niet significant. Inhibitie is geen significante voorspeller voor het lezen van woorden, hoe wel dit wel een trend is. Dit betekent dat inhibitie een tendens heeft tot een negatieve voorspeller voor het lezen van woorden is; een goede inhibitie kan mogelijk een betere leesprestatie van woorden voorspellen.

Vervolgens is leeftijd toegevoegd in model 2, dit model is wel significant ( $F(6, 60) = 12.29, p < .001$ ),  $\Delta R^2 = .168, p < .001$ . Model 2 is een significant betere voorspeller dan model 1. De verklaarde variantie van dit model is 55.1%. De voorspellende waarde van het tweede model is met 15 % toegenomen ten opzichte van model 1. Leeftijd is een significante voorspeller voor het lezen van woorden. Dit betekent dat hoe ouder een kind is, hoe hoger de leesvaardigheid op het lezen van woorden. De andere werkgeheugenmaten zijn niet significant, hoewel trends laten zien dat het verbaal werkgeheugen een kleine positieve voorspelling heeft op het lezen van woorden. Een andere trend laat zien dat inhibitie een kleine negatieve voorspelling heeft op het lezen van non-woorden. Dit betekent dat hoge scores op inhibitie (slechte inhibitie) samengaan met lage scores op het lezen van woorden.

In het derde model zijn de interacties hieraan toegevoegd, ( $F(17,49) = 4.75, p < .001$ ). De verklaarde variantie van dit model is 62.2%, het model is wel significant, maar het toevoegen van de interacties heeft geen toegevoegde waarde  $p > .05$ ,  $\Delta R^2 = .071$ . De interactie tussen processing speed en de fonologische lus met lezen laat een trend zien. Deze trend laat een kleine negatieve voorspelling zien. Om de interactie tussen processing speed en de fonologische lus met lezen beter te exploreren is de groep van processing speed opgedeeld in groepen waarbij gekeken is naar de 25% hoogste scores en 25% laagste scores op processing speed. Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de groepen, ( $t(34) = .164, p = .871$ ).

Leeftijd is een significantie voorspeller voor het lezen van woorden. Net als in het tweede model blijkt dat hoe ouder een kind is, hoe hoger de leesvaardigheid op het lezen van woorden. Trends laten zien dat inhibitie een kleine negatieve voorspeller is op het lezen van woorden.

Er is, middels een (losse) correlatieanalyse, nagegaan of er een verschil te zien is in de fonologische lus bij kinderen onder de 7 jaar en kinderen van 7 jaar en ouder. Voor de kinderen onder de 7 jaar is er correlatiecoëfficiënt van  $-.015$  ( $p = .996, n = 10$ ), voor kinderen van 7 jaar en ouder is er een correlatiecoëfficiënt van  $.042$  ( $p = .756, n = 57$ ). Het tweede model blijkt de best voorspellende waarde te zijn van de drie modellen.

**Welke van de factoren, het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd is de grootste voorspeller voor het lezen**

**van non-woorden en welke interacties zijn er in de voorspelling van het lezen van non-woorden (onderzoeksvraag E)**

Tabel 4

Het voorspellend vermogen van de variabelen verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd op het lezen van woorden.

	Model 1	Model 2	Model 3
	$\beta$	$\beta$	$\beta$
Verbaal WM	.20	.03	.04
Verbaal KTM	.04	-.02	-.03
Fonologische lus	.05	-.07	-.01
Inhibitie	-.31***	-.28***	-.33**
Processing speed	.19****	.13	.06
Leeftijd		.46*	.48**
Interactie KTM lft			-.25
Interactie KTM PS			.12
Interactie WM FL			.06
Interactie WM PS			-.27
Interactie WM lft			.04
Interactie WM KTM			.22
Interactie lft FL			-.07
Interactie KTM FL			.09
Interactie PS lft			.11
Interactie IH lft			.02
Interactie PS FL			-.20****
R <sup>2</sup>	.25**	.39*	.47****
$\Delta R^2$		.14	.08
n	67	67	67

*Noot.* \*\*\*\* trend bij  $p < .1$ ,  $N = 67$ .  
 \*\*\* significant bij  $p < .05$ ,  $N = 67$ .  
 \*\* significant bij  $p < .01$ ,  $N = 67$ .  
 \* significant bij  $p < .001$ ,  $N = 67$ .

De pure relaties tussen de variabelen worden weergegeven in tabel 4.

Om de voorspellende waarden van het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd in de voorspelling van non-woorden te onderzoeken is een stapsgewijze multiple regressieanalyse uitgevoerd. Er zijn interacties tussen verbaal werkgeheugen, korte termijnwerkgeheugen, fonologische lus, inhibitie, en processing speed met leeftijd opgenomen in de voorspelling van het lezen van non-woorden, deze resultaten staan in tabel 4.

In het eerste model zijn de voorspellende waarden, het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, inhibitie en processing speed nagegaan in relatie tot het lezen van non-woorden. Dit model is significant ( $F(5,61) = 4.01$ ,  $p < .005$ ). De verklaarde variantie van de

werkgeheugenmaten op het lezen van non-woorden is 24.7%. Inhibitie is een significante negatieve voorspeller voor het lezen van non-woorden. Dit betekent dat kinderen die hoog scoren op inhibitie (slechte inhibitie) lage scores laten zien op het lezen van non-woorden. De andere maten zijn niet significant. Trends laten zien dat processing speed een zeer kleine positieve voorspeller is voor het lezen van non-woorden. Dit betekent dat wanneer kinderen goed scoren op processing speed, dus een goede verwerkingssnelheid hebben, dit samengaat met hogere scores op het lezen van non-woorden.

Vervolgens is leeftijd toegevoegd in model 2, dit model is significant ( $F(6,60) = 6.32, p < .001$ ),  $\Delta R^2 = .140, p < .001$ . De verklaarde variantie van de werkgeheugenmaten en leeftijd op het lezen van non-woorden is 38.7%. De voorspellende waarde van het tweede model is met 14 % toegenomen. Leeftijd is een significant, sterk positieve voorspeller voor het lezen van non-woorden. Dit betekent dat hoe ouder een kind is, hoe hoger de leesvaardigheid op het lezen van non-woorden. Inhibitie is een negatieve voorspeller voor het lezen van non-woorden, dit betekent dat wanneer kinderen zwak zijn in inhiberen dit samengaat met lage prestaties op het lezen van non-woorden. In het derde model zijn de interacties hieraan toegevoegd, dit model is niet significant ( $F(17,49) = 2.50, p < .01$ ),  $\Delta R^2 = .077, p > .05$ . Het tweede model blijkt de best voorspellende waarde te zijn van de drie modellen.

## **Discussie en conclusie**

Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken wat de grootste voorspeller van technisch lezen is, hoe het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorische herhalingsstelsel van de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd met elkaar correleren/elkaar versterken in de voorspelling van technisch lezen en er is onderzocht of het ene onderdeel voorwaardelijk is voor het andere. Dit onderzoek richtte zich op leerlingen van groep 3, 4 en 5 van een reguliere basisschool. Technisch lezen is onderverdeeld in het lezen van woorden en non-woorden omdat het lezen van woorden een beroep doet op het geheugen en het lezen van non-woorden niet of in mindere mate (Kibby, 2009). De vraagstelling die in dit onderzoek centraal staat luidt: Wat is de relatie tussen de ontwikkeling van het verbale werkgeheugen, het verbale korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorische herhalingsstelsel van de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd met betrekking tot technisch lezen? Deze vraagstelling is onderverdeeld in vijf vragen die hieronder één voor één beantwoord worden.

### **De onderlinge relatie tussen het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus, inhibitie en processing speed (onderzoeksvraag A)**

Onderzoeksvraag A zal hieronder in delen beantwoord worden. In het eerste gedeelte wordt de relatie tussen het verbaal werkgeheugen beschreven met het verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en processing speed. In

het tweede gedeelte wordt de relatie tussen het verbaal korte termijngeheugen beschreven met de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en processing speed. In het derde gedeelte wordt de relatie tussen de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en processing speed beschreven en in het laatste gedeelte wordt de relatie tussen inhibitie met het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en processing speed beschreven.

**De relatie tussen het verbaal werkgeheugen en het verbaal korte termijn geheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en processing speed.**

Op basis van eerder onderzoek (Baddeley, 2012; Camon & Barrouillet, 2014) werd een samenhang verwacht tussen het verbaal werkgeheugen en het verbaal korte termijngeheugen is. Binnen het verbaal werkgeheugen kan informatie kort worden vastgehouden, dit vindt plaats in het korte termijngeheugen (Baddeley, 2003): de componenten het passieve gedeelte van de fonologische lus en de centrale executieve vormen het werkgeheugen, de passieve opslag, processing speed en het articulatorische herhalingsstelsel van de fonologische lus vormen samen het verbaal korte termijngeheugen. De één maakt dus onderdeel uit van de ander, de gelijktijdige manipulatie vindt bij beiden plaats (Baddeley, 2012; Kibby, 2009). Uit het huidige onderzoek blijkt inderdaad dat kinderen die een beter verbaal werkgeheugen hebben ook een beter korte termijngeheugen hebben (Baddeley, 2012).

Er werd ook een samenhang tussen het verbaal werkgeheugen en de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus verwacht, omdat beide aspecten onderdeel zijn van de fonologische lus van het werkgeheugenmodel van Baddeley (Baddeley, 2012). Echter, de samenhang tussen het verbaal werkgeheugen en de fonologische lus is niet gevonden. Er is dus geen samenhang tussen de passieve opslagcapaciteit en hoe actief het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus is. De snelheid van articulatie hangt samen met sneller verversen van informatie in de passieve opslag. Wanneer de fonologische lus niet actief is, kan de passieve opslag ook niet gemeten worden. Dit hangt samen met de mate van actief zijn van de fonologische lus (Gathercole et al., 2004). Gathercole et al. (2004) stellen dat de fonologische lus een belangrijke bron is voor de aanzienlijke toename van de geheugencapaciteit, die opspeelt naarmate kinderen ouder worden en het verhoogde repetitietempo (hoe actiever het articulatorisch herhalingsstelsel en hoe sneller de verbale vloeiendheid), waarmee het kind steeds meer verbaal materiaal in de fonologische opslagplaats kan bewaren. Echter, spontane repetitie treedt voor de leeftijd van 7 jaar niet betrouwbaar op (Gathercole et al., 2004; Meijs et al, 2016). De kinderen in de doelgroep van dit onderzoek waren tussen de 6 en 9 jaar oud. Wellicht was de fonologische lus nog niet actief bij een groot deel van de doelgroep en moet er meer verschil in leeftijd zitten om verschillen aan te kunnen tonen. Dit zou onderzocht kunnen worden in een vervolgonderzoek.

Processing speed verwijst naar de tijd die nodig is om een bepaalde taak uit te voeren, de snelheid waarmee woorden gearticuleerd kunnen worden of de hoeveelheid werk die binnen een bepaalde tijd voltooid kan worden (Christopher et al., 2012; Cohen et al., 1999). De snelheid van articulatie hangt samen met het sneller verversen van informatie in de passieve opslag. Er werd een samenhang tussen het verbaal werkgeheugen en processing speed verwacht; hoe sneller informatie opgenomen of hoe sneller een taak voltooid kan worden, hoe beter het werkgeheugen. Deze samenhang werd niet gevonden in de resultaten. Om processing speed te meten is één test afgenomen, dit is een test die de verbale vloeiendheid meet. Bij de test voor processing speed werd aan de kinderen gevraagd zoveel mogelijk dieren binnen één minuut op te noemen. Wellicht is het voor vervolgonderzoek goed om meerdere testen af te nemen. Wanneer de interesse van kinderen niet bij dieren ligt is dit wellicht een moeilijke opgave voor ze. Voor vervolgonderzoek zou het aan te raden zijn om meer testen van processing speed af te nemen om te onderzoeken of kinderen dan wel een samenhang laten zien.

#### **De relatie tussen het verbaal korte termijngeheugen beschreven met de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en processing speed.**

Er werd een samenhang verwacht tussen het verbaal korte termijngeheugen en de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus, omdat de passieve opslag van de fonologische lus onderdeel is van het korte termijngeheugen (Baddeley, 2012). De samenhang tussen het verbaal korte termijngeheugen en de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus is niet gevonden. Er is dus geen samenhang tussen de passieve opslagcapaciteit en hoe actief het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus is. Zoals beschreven bij A1 zou dit te maken kunnen hebben met de mate van actief zijn van de fonologische lus (Gathercole et al., 2004). Omdat volgens Gathercole et al. (2004) en Meijs et al. (2016) de fonologische lus pas actief wordt vanaf de leeftijd van 7 jaar en ouder zou dit kunnen betekenen dat voor vervolgonderzoek er meer verschil in leeftijd zou moeten zitten om verschillen aan te kunnen tonen.

Een onderdeel van het verbaal korte termijngeheugen is de snelheid waarmee informatie wegzakt uit het geheugen (Chung et al., 2014; Diamond, 2013). Er werd een samenhang verwacht tussen het verbaal korte termijngeheugen en processing speed; hoe sneller informatie wordt opgenomen hoe meer informatie er in korte tijd in het korte termijngeheugen wordt opgeslagen. Deze samenhang is niet gevonden in de resultaten. Zoals eerder beschreven is er in dit onderzoek één test afgenomen om processing speed te meten en zou het voor vervolgonderzoek zou het aan te raden zijn om ook een andere test voor processing speed af te nemen.

### **De relatie tussen de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en processing speed.**

Er werd een samenhang verwacht tussen processing speed en de fonologische lus, omdat de snelheid van articulatie belangrijk is voor de fonologische lus; hoe sneller woorden genoemd kunnen worden, hoe minder snel vervaging plaatsvindt (Baddeley, 2003). Deze samenhang is niet gevonden. Dit zou te maken kunnen hebben met het niet actief zijn van de fonologische lus. Zoals hierboven vermeld kan de passieve opslag niet gemeten worden wanneer de fonologische lus niet actief is. Dit hangt samen met de mate van actief zijn van de fonologische lus (Gathercole et al., 2004).

Ook werd er een samenhang verwacht tussen processing speed en de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus omdat de snelheid van articulatie van belang is voor de fonologische lus. Dit vindt plaats in het articulatorische herhalingsstelsel van de fonologische lus. Hoe sneller woorden genoemd kunnen worden, hoe minder snel vervaging plaatsvindt (Baddeley, 2003). Deze samenhang is niet gevonden. Zoals eerder genoemd zou het voor vervolgonderzoek wenselijk zijn om meerdere testen af te nemen van processing speed/ verbale vloeiendheid om te onderzoeken of er dan wel een samenhang is tussen processing speed en de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus.

### **De relatie tussen inhibitie met het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en processing speed.**

Inhibitie doet een beroep op het vermogen van het kind om relevante informatie uit een opdracht te halen en afleidende informatie te negeren (Chung et al, 2014; Diamond, 2013). Er werd een negatieve samenhang tussen inhibitie en de andere maten verwacht. Wanneer kinderen zich snel laten afleiden is dit van invloed op het verbaal werkgeheugen, op de snelheid van articulatie en ook op de opslag in het geheugen. Hoe minder een kind afgeleid is door prikkels uit de omgeving, hoe hoger de resultaten op de afgenomen testen zullen zijn. Deze testen zijn één op één afgenomen. Kinderen werden niet afgeleid door prikkels uit de omgeving. Er zijn geen grote verschillen in de resultaten van de inhibitietest gevonden bij kinderen. Dit is wellicht een oorzaak waarom inhibitie geen samenhang met de andere maten laat zien. Voor een vervolgonderzoek naar inhibitie zou het wellicht een idee zijn om te werken met controlegroepen en bij één groep de testen gelijktijdig in een grote ruimte af te nemen om te meten wat dit met de resultaten van inhibitie doet. Door te werken met een controlegroep zouden er bij deze correlaties wellicht ook andere resultaten uitkomen. Door op deze manier te werken is de verwachting dat er meer wisselende resultaten te zien zijn op inhibitie.

Het verbaal korte termijngeheugen houdt informatie voor een korte termijn vast (Baddeley, 2012). Er zijn twee kenmerken belangrijk voor het korte termijngeheugen: de capaciteit (de hoeveelheid informatie die in het werkgeheugen past) en de snelheid van articulatie (Chung et al, 2014; Diamond, 2013). Wanneer kinderen een goede inhibitie hebben, dat wil zeggen dat zij zich niet

laten afleiden door prikkels uit de omgeving en relevante informatie uit een opdracht kunnen halen, wordt er een samenhang verwacht met het verbaal korte termijngeheugen. In het huidige onderzoek zijn kinderen in een aparte ruimte getoetst, waarbij sprake was van een één op één situatie. Hierdoor werden kinderen minder afgeleid door prikkels uit de omgeving. Zoals eerder vermeld zou het voor vervolgonderzoek interessant zijn om gebruik te maken van controlegroepen. De controlegroep zou in een grote ruimte met meerdere kinderen tegelijkertijd getoetst worden om te meten wat dit met de resultaten van inhibitie doet.

Er werd, tegen de verwachtingen in, geen samenhang gevonden tussen inhibitie en de fonologische lus. De fonologische lus zorgt voor het opslaan van auditieve klanken. Inhibitie zou van invloed kunnen zijn op de hoeveelheid informatie die een kind kan opslaan (in de fonologische lus). Omdat er geen verschil is gevonden zou de leeftijdsgroep wellicht uitgebreid moet worden. Hoe meer verschillende leeftijden hoe duidelijker het wellicht te zien is of de fonologische lus actief is en wanneer deze actief wordt. Ook het testen in grotere ruimtes zou een rol kunnen spelen en wellicht in te zetten bij vervolgonderzoek.

### **De onderlinge relatie tussen het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd (onderzoeksvraag B)**

Leeftijd laat zoals verwacht met alles een samenhang zien, met uitzondering van inhibitie. Het werkgeheugen is verantwoordelijk voor het op korte termijn onderhouden van informatie tijdens gelijktijdige verwerkingsactiviteiten (Baddeley, 2012; Camos & Barrouillet, 2014; Diamond, 2013). Dit centrale stelsel stelt mensen in staat om de omgeving en zichzelf te interpreteren en te begrijpen door tijdelijke representaties te construeren (Baddeley, 2012; Camos & Barrouillet, 2014). Hoe ouder een kind is hoe meer dingen bekend zijn voor een kind en hoe sneller het kind de omgeving zal interpreteren en begrijpen (Baddeley, 2012). Resultaten uit huidige onderzoek bevestigen dit.

Het korte termijngeheugen is het geheugen dat informatie voor een korte termijn vasthoudt (Baddeley, 2012). Hoe ouder een kind is, hoe meer het gebruik heeft gemaakt van het verbaal korte termijngeheugen en hoe beter dit is (Baddeley, 2012). Dit is in huidige onderzoek ook aangetoond.

Leeftijd laat een middelmatig positieve samenhang zien met de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus. Dit betekent dat hoe ouder een kind is hoe actiever het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus is. Naar verwachting heeft dit te maken met het actief worden van de fonologische lus bij kinderen van 7 jaar en ouder (Gathercole et al., 2004; Meijs et al., 2016). Wat nog niet eerder goed in kaart gebracht was is de ontwikkeling van de fonologische lus. In huidige onderzoek blijkt dat vanaf de leeftijd 8 jaar en ouder een omslagpunt is van negatief naar positief, wat zou betekenen dat de fonologische lus dan actief wordt.

De verwachting was dat leeftijd en processing speed zouden samenhangen, hoe ouder een kind is meer het geoefend is en hoe sneller taken kunnen worden volbracht. Echter tegen de verwachting in

laten leeftijd en processing speed geen samenhang zien, hoewel dit wel een trend is, die wijst in de richting van positief middelmatige samenhang. Voorzichtig kan gezegd worden dat dit bevestigd wordt door het onderzoek van Van der Elst et al. (2011) die stellen dat de snelheid waarmee een taak binnen een bepaalde tijd kan worden volbracht meer getraind is naarmate kinderen ouder zijn. Voor vervolgonderzoek zou het aan te raden zijn om ook een andere test voor processing speed af te nemen, omdat nu voornamelijk de verbale fluency getest worden. Wellicht zouden leeftijd en processing speed dan wel samenhangen laten zien, hoe ouder een kind is, hoe sneller hij/zij kan articuleren.

Inhibitie doet een beroep op het vermogen van het kind om relevantie informatie uit een opdracht te halen en afleidende informatie te negeren. Ook kan inhibitie in een bepaalde situatie een automatische neiging onderdrukken (Chung, Weyandt & Swentosky, 2014; Diamond, 2013). Tegen de verwachtingen in laat huidig onderzoek geen samenhang zien tussen inhibitie en de andere werkgeheugenmaten. Dit kan te maken hebben met het feit dat de testen in een aparte ruimte en één op één zijn afgenomen. Kinderen werden hierbij niet afgeleid door prikkels uit de omgeving.

### **De onderlinge relatie tussen het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd met technisch lezen (onderzoeksvraag C)**

Het verbaal werkgeheugen heeft, zoals verwacht, een sterk positieve samenhang met het lezen van woorden en middelmatig positief met het lezen van non-woorden. De werkgeheugencapaciteit is een belangrijke voorspeller voor lezen (Alloway et al., 2009; Perry & Malaia, 2013), Christopher et al. (2012) noemden het werkgeheugen zelfs een unieke voorspeller voor lezen. Dit betekent dat kinderen die een beter werkgeheugen hebben goede prestaties hebben op het lezen van woorden en non-woorden. Dit sluit aan bij de bevindingen van het onderzoek.

Het korte termijngeheugen laat een middelmatig positieve samenhang zien met het lezen van woorden, er is geen samenhang tussen het korte termijngeheugen en het lezen van non-woorden, hoewel dit wel een trend is die wijst in de richting van een positief zwakke samenhang. Dit betekent dat kinderen met een goed verbaal korte termijngeheugen hoge scores halen op het lezen van woorden. De trend tussen het verbaal korte termijngeheugen en de non-woorden laat voorzichtig zien dat kinderen met een goed verbaal korte termijngeheugen goede leesresultaten laten zien met het lezen van non-woorden, maar minder goede resultaten bij het lezen van non-woorden. De verwachting was dat het verbaal korte termijngeheugen een voorspeller is voor het lezen van woorden, maar niet voor non-woorden (Baddeley, 2012; Kibby, 2009). Het verbaal korte termijngeheugen is bij het lezen van non-woorden niet nodig volgens Kibby (2009), omdat bij het lezen van non-woorden geen herkenning plaatsvindt en het hele woord moet gelezen worden. Deze resultaten zijn gedeeltelijk gevonden in huidig onderzoek. Wel voor het lezen van woorden, maar er is wel een trend gevonden tussen het verbaal korte termijngeheugen en non-woorden. Het lezen van non-woorden doet een beroep op 'de zwakke plek' van dyslecten, namelijk de fonologische verwerking. Wanneer kinderen veel lezen wordt



de kennis over woorden verbetert, maar deze hulpbronnen vallen bij het lezen van non-woorden weg (Braams, 2002). Waarom deze resultaten minder sterk in huidig onderzoek naar voren komen, kan te maken hebben met het feit dat er wellicht niet of weinig dyslecten in de doelgroep zaten. Hier zijn geen gegevens over bekend, wat voor vervolgonderzoek wel aan te raden is.

Processing speed heeft een middelmatige positieve samenhang met het lezen van woorden en non-woorden. Dat betekent dat hoe hoger de snelheid van articuleren is, hoe hoger het leesniveau. Er werd een samenhang verwacht, omdat processing speed een grote rol speelt bij zowel het vloeiend lezen alsmede geïsoleerde woordaflezing (Deary et al., 2010; Jacobsen, 2016) en processing speed een belangrijke voorspeller voor lezen is (Lobier et al., 2013; Leonard et al., 2011). Maar processing speed wordt gezien als een hoofdkenmerk van kinderen met leesproblemen (Jacobson et al., 2016). De samenhang in dit onderzoek is positief; processing speed is een voorspeller van technisch lezen, voor zowel het lezen van woorden, als van non-woorden.

De mate van het actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus heeft geen samenhang met beide aspecten van technisch lezen. De fonologische lus speelt een belangrijke rol in het lezen van woorden, helpt kinderen de grafeem-foneem verbinding te maken en speelt een essentiële rol bij het verwerven van leesvaardigheden (Peng et al., 2017). Kinderen beginnen met het leren lezen vanaf eind groep 2, begin groep 3, kinderen hebben dan de leeftijd van rond de 6 jaar (Vernooy, 2007). De fonologische lus wordt actief bij kinderen van 7 jaar en ouder (Gathercole et al., 2004; Meijs et al., 2016). Dit zou mogelijk betekenen dat de fonologische lus bruikbaar is bij het aanleren van woorden, maar niet gebruikt wordt bij kinderen die leren lezen als ze 6 jaar oud zijn. Interessant zou zijn om de samenhang tussen de fonologische lus en lezen bij kinderen, adolescenten of volwassenen te onderzoeken die op latere leeftijd (7 jaar of ouder) leren lezen. Door dit te onderzoeken wordt er kennis gegenereerd over de invloed van de fonologische verwerking op het leesonderwijs. Omdat dyslecten moeite hebben met de fonologische verwerking en daarom uitvallen op lezen (Braams, 2002) is het interessant om verder te onderzoeken wat de invloed is van de fonologische verwerking op lezen en wat het verschil is tussen goede lezers en kinderen met leesproblemen/dyslecten.

Leeftijd hangt sterk positief samen met het lezen van woorden en non-woorden. Hoe ouder een kind is, hoe beter de prestaties zijn op het technisch lezen. Dit is conform verwachtingen vanuit de literatuur (Braams, 2002). Hoe ouder een kind is, hoe meer het in aanraking is gekomen met letters en hoe vaker een kind letters heeft gezien, geoefend en herhaalt hoe beter het beklijft (Vernooy, 2007). Mol & Bus (2011) bevestigen dat kinderen beter gaan lezen naarmate ze meer oefenen.

Inhibitie heeft een middelmatig negatieve correlatie met het lezen van woorden en non-woorden. Dat betekent dat kinderen met een slechte inhibitie laag scoren op zowel het lezen van woorden als non-woorden. De resultaten uit de literatuur lieten inconsistente verwachtingen zien. Zo werd er gesteld dat er een positieve relatie is tussen inhibitie en technisch lezen (German et al., 2012; Vandenbroucke et al., 2016). Anderzijds stellen Booth et al. (2014) en van der Sluis et al. (2003) dat

inhibitie geen unieke voorspeller is voor lezen. Uit huidig onderzoek blijkt inhibitie dus een belangrijke negatieve voorspeller voor lezen.

**Welke van de factoren, het verbaal werkgeheugen, het verbaal korte termijngeheugen, de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd is de grootste voorspeller voor het lezen van woorden en non-woorden en welke interacties zijn er in de voorspelling van het lezen van woorden en non-woorden (onderzoeksvraag D en E)**

Onderzoeksvraag D en E zijn samengepakt om te kijken naar het verschil tussen woorden en non-woorden. De factoren worden één voor één beschreven.

### **Verbaal werkgeheugen en het lezen van woorden en non-woorden**

Trends laten een kleine positieve samenhang zien tussen het verbaal werkgeheugen en het lezen van woorden. Dit is conform verwachtingen, aangezien in de literatuur wordt gemeld dat de werkgeheugencapaciteit een belangrijke voorspeller voor lezen is (Alloway et al., 2009; Christopher et al., 2012; Perry & Malaia, 2013). Het verbaal werkgeheugen is in huidig onderzoek geen voorspeller voor het lezen van non-woorden. Dit is tegen de verwachtingen in. Zoals in de literatuur vermeld is de werkgeheugencapaciteit een belangrijke voorspeller van succes in leren (Alloway, Gathercole, Kirkwood, Elliot, 2009; Perry & Malaia, 2013) en een bepalende factor bij het leren lezen en het leesproces (Dawes et al., 2015). Maar bij kinderen die moeite hebben met (spellend) lezen komt het werkgeheugen onder druk te staan (Dawes et al., 2015; Vernooy, 2007). Echter, Dawes et al. (2015) stellen dat kinderen met een slecht verbaal werkgeheugen geïdentificeerd kunnen worden als risicoleerling voor het lezen. Dit zou een verklaring kunnen zijn waarom het verbaal werkgeheugen geen voorspeller is voor het lezen van non-woorden in het huidige onderzoek. Zoals al eerder gesteld is in dit onderzoek onduidelijk hoeveel dyslecten/zwakke lezers deel hebben genomen aan dit onderzoek.

### **Het verbaal korte termijngeheugen en het lezen van woorden en non-woorden**

Fowler (1991) concludeerde in zijn onderzoek dat het verbaal korte termijngeheugen kan bijdragen aan leesmoeilijkheden. In het onderzoek van Melby-Lervag (2012) is het verbaal korte termijngeheugen een middelmatige positieve voorspeller voor het lezen. Huidig onderzoek ondersteunt deze resultaten niet; er is geen samenhang gevonden tussen het verbaal korte termijngeheugen en het lezen van woorden en non-woorden. Voor het lezen van non-woorden is het te verklaren. In het onderzoek van Kibby (2009) werd gesteld dat het verbaal korte termijngeheugen niet van toepassing is bij het lezen van non-woorden, omdat er geen herkenning plaatsvindt. Maar voor het lezen van woorden niet. Onbekend is wat het percentage leeszwakken of dyslecten is in dit onderzoek. Wanneer dit percentage hoog zou zijn, zou dit wellicht een verklaring zijn waarom het verbaal korte

termijngeheugen geen voorspeller is voor lezen, omdat leeszwakken of dyslecten moeite hebben met het fonologisch proces (Fowler, 1991).

### **Processing speed en het lezen van woorden en non-woorden**

Processing speed speelt een grote rol bij zowel het vloeiend lezen alsmede geïsoleerde woordaflezing (Jacobsen, 2016). De literatuur liet inconsistente bevindingen zien. Processing speed werd gezien als een voorspeller van lezen (Lobier et al., 2013; Leonard et al., 2011). Jacobson et al. (2016) concludeerden daarentegen dat processing speed geen unieke voorspeller is van lezen. Resultaten uit huidig onderzoek ondersteunen het onderzoek van Jacobson et al. (2016). Processing speed is in huidig onderzoek geen voorspeller voor het lezen van woorden en non-woorden.

De interactie tussen processing speed en de fonologische lus met lezen laat een kleine negatieve trend zien met het lezen van woorden en non-woorden. Dit was niet het best voorspellende model, maar hier is exploratief toch naar gekeken. Processing speed is van belang voor de fonologische lus, omdat hierbij de snelheid van articulatie van belang is. Hoe sneller woorden genoemd kunnen worden, hoe minder snel vervaging plaatsvindt (Baddeley, 2003). Wanneer kinderen een lage processing speed hebben, kunnen kinderen de letters van het woord minder lang onthouden en zal het leesproces langzamer gaan.

### **De mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en het lezen van woorden en non-woorden**

De mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus blijkt in huidig onderzoek geen voorspeller te zijn voor het lezen van woorden en non-woorden. De mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus is in dit onderzoek pas actief bij kinderen van 8 jaar en ouder. Uit de literatuur blijkt dat processing speed/verbale vloeiendheid een grote voorspeller is van lezen (Betjemann et al., 2010; Christopher et al., 2012; Lobier et al., 2013). Wanneer de articulatiesnelheid van kinderen hoog is, vindt er minder snel vervaging plaats, kunnen woorden sneller uitgesproken worden en ligt het leestempo hoger. Uit huidig onderzoek blijkt er geen samenhang te zijn tussen de mate van actief zijn van het articulatorisch herhalingsstelsel van de fonologische lus en lezen. Wellicht is de doelgroep te klein, of zoals eerder vermeld zouden er meer testen afgenomen moeten worden om dit te onderzoeken. Voor vervolgonderzoek zou het wenselijk zijn om een grotere doelgroep te onderzoeken en verschillende testen voor processing speed af te nemen.

### **Inhibitie en het lezen van woorden en non-woorden**

Een trend laat zien dat inhibitie een kleine negatieve samenhang heeft met het lezen van woorden. Dit betekent dat een slechte inhibitie samenhangt met het minder goed lezen van woorden. De literatuur liet inconsistente bevindingen zien wat betreft de samenhang van inhibitie en lezen. Een

positieve relatie tussen inhibitie en technisch lezen werd gesteld (German et al., 2012; Vandenbroucke et al., 2016), maar Booth et al. (2014) en van der Sluis et al. (2003) stellen dat inhibitie geen unieke voorspeller is voor lezen.

Inhibitie is, conform verwachtingen, een negatieve voorspeller voor het lezen van non-woorden, dit betekent dat wanneer kinderen zwak zijn in inhieren dit samengaat met lage prestaties op het lezen van non-woorden. Kinderen die snel afgeleid zijn door prikkels uit de omgeving en zich minder goed kunnen concentreren op het lezen zullen langzamer lezen (van de Sande, 2015; Vandenbroucke et al., 2016). Inhibitie is dus een belangrijke negatieve voorspeller voor lezen. Wanneer kinderen uitvallen op lezen is het voor leerkrachten interessant om te onderzoeken hoe kinderen scoren op inhibitie. Omdat inhibitie van negatieve invloed is op het leesproces van kinderen is het aan te raden dat leerkrachten maatregelen nemen, zodat kinderen zich tijdens het lezen niet laten afleiden door prikkels uit de omgeving. Dit zou kunnen door het kind een koptelefoon te geven die het geluid stopt, waardoor het kind zich niet al laat luiden door geluiden uit de omgeving, of het kind een rustige plek in de klas te geven, waardoor het niet veel prikkels om zich heen heeft.

### **Leeftijd en het lezen van woorden en non-woorden**

Leeftijd is de grootste positieve voorspeller voor het lezen van woorden en non-woorden. Dit betekent dat hoe ouder een kind is, hoe hoger de leesvaardigheid op het lezen van woorden en non-woorden. Dit is in lijn met de bevindingen dat naarmate een kind ouder wordt, het meer in aanraking is gekomen met letters en hoe meer kinderen oefenen, hoe beter ze gaan lezen (Mol & Bus, 2011; Vernooy, 2007).

Geconcludeerd kan worden dat leeftijd de grootste positieve voorspeller is van technisch lezen. Hoe ouder een kind is, hoe meer het kind gelezen heeft, hoe hoger het leestempo is. Inhibitie heeft een negatieve samenhang met het lezen van woorden en non-woorden. Wanneer kinderen (leren) lezen is het van belang dit op een rustige plek te doen waar zij niet afgeleid worden.

### **Beperkingen van het onderzoek**

Hoewel huidig onderzoek nieuwe inzichten heeft opgeleverd, zijn er enkele kritische noten te plaatsen bij dit onderzoek waar, bij vervolgonderzoek, rekening mee gehouden kan worden. Het eerste betreft de doelgroep. Dit onderzoek heeft plaatsgevonden binnen één school. Om meer diversiteit te krijgen in de onderzoeksgroep en een grotere onderzoeksgroep te creëren is het wenselijk dit onderzoek af te nemen op meerdere scholen verspreid over diverse wijken in Nederland. Zo is de onderzoeksgroep beter generaliseerbaar en een goede afspiegeling van de samenleving.

Ten tweede zijn alle kinderen individueel getest. In de praktijk gebeurt dit in een klassensituatie welke geen weerspiegeling is van de praktijk. Het is mogelijk dat kinderen zich hierdoor beter kunnen concentreren dan in een klassensituatie. Dat kan de resultaten hebben beïnvloed van met name de testen voor inhibitie. Een mogelijke oplossing hiervoor is om de testen af te nemen

in een computerlokaal, waarbij meerdere kinderen tegelijkertijd de testen maken. Het zou interessant zijn om te werken met controlegroepen en bij één groep de testen gelijktijdig in een grote ruimte af te nemen om te meten wat dit met de resultaten van inhibitie doet. Door te werken met een controlegroep zouden er bij deze correlaties wellicht ook andere resultaten uitkomen. Door op deze manier te werken is de verwachting dat er meer wisselende resultaten te zien zijn op inhibitie.

Ten derde zou de onderzoeksgroep groter gemaakt kunnen worden. Nu werden de testen afgenomen bij de groepen 3,4 en 5. Het is interessant om ook kinderen uit groep 6 en eind groep 2 erbij te pakken. In groep 2 krijgen kinderen de letters aangeboden en wordt een teken aan een klank gekoppeld. In groep 6 hebben kinderen al een jaar langer leesonderwijs gehad en zijn ze een jaar ouder. Gathercole et al. (2004) stellen dat de fonologische lus pas actief is bij kinderen van 7 jaar en ouder. Interessant zou zijn om te onderzoeken of dit van invloed zou zijn op de relatie met de fonologische lus.

De fonologische lus en processing speed laten geen significante correlaties zien met elkaar en met de andere variabelen. Zoals boven vermeld stellen Gathercole et al. (2004) dat de fonologische lus pas actief is bij kinderen van 7 jaar en ouder. Dit zou een reden kunnen zijn waarom er geen significant resultaat uitkomt. Voor vervolgonderzoek is het aan te raden om alleen participanten van 7 jaar of ouder deel te laten nemen.

Ten vierde kan gekeken worden naar het aantal kinderen met leesproblemen/ dyslecten in de groep. Wanneer deze gegevens bekend zijn is het wellicht interessant om te kijken wat het verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, fonologische lus, inhibitie, processing speed en leeftijd bij zwakke lezers/dyslecten. Er kan dan ook gekeken worden naar de verschillen tussen sterke lezers en kinderen met leesproblemen/dyslecten. Mogelijk is er dan een onderdeel wat achterblijft bij de zwakkere lezers/dyslecten, welke kan verklaren waarom kinderen sterke of juist zwakke lezers zijn. Zoals eerder vermeld is niet bekend of er dyslecten in de doelgroep zitten of kinderen met leesproblemen. Voor vervolgonderzoek zou aan het raden zijn de resultaten in leesniveaus te verdelen. Wellicht is het interessant om te kijken wat de samenhang van processing speed en lezen is bij sterke en kinderen met leesproblemen/dyslecten. Door de lezers in te delen in twee groepen, sterke en kinderen met leesproblemen/dyslecten, kan er gericht gekeken worden waar de kinderen met leesproblemen/dyslecten op uitvallen. Zo kan er ook gekeken worden of processing speed een grote voorspeller is voor leesproblemen.

Ten vijfde is het goed om te kijken naar de diversiteit in populatie van de school. Onderzoek heeft aangetoond dat de context waarin een leerling zich bevindt van invloed is op zijn of haar leesvaardigheden (inspectie van het onderwijs, 2018). Er moet goed gekeken worden naar de diversiteit in de populatie van de school. Er kan dan gekeken worden naar de geografische locatie van de school, alsmede de CITO score van de school. Een goede geografische locatie en diversiteit aan leerlingen draagt bij aan de representativiteit van het onderzoek.

Ten zesde moet er gekeken worden naar de moedertaal. Worden de testen afgenomen op een school waarbij veel kinderen zitten die Nederlands als tweede taal hebben? En wat is het effect van de moedertaal op technisch lezen? In dit onderzoek was het aantal kinderen met Nederlands als tweede taal niet representatief, dus dit onderzoek wordt representatiever wanneer de doelgroep ook op dit aspect een beter afspiegeling van de samenleving is.

Om de betrouwbaarheid van het onderzoek te verhogen wordt aangeraden om te testen over een langere periode, dat wil zeggen, meerdere leesmomenten. Momentopnames zijn niet altijd representatief voor de daadwerkelijke vaardigheden van kinderen (de Regt, 2014) en er kan verondersteld worden dat kinderen beter gaan lezen naarmate ze meer oefenen (Mol & Bus, 2011). Het is daarom interessant om te onderzoeken wat er gebeurt er met de executieve functies wanneer kinderen meer leeskilometers hebben gemaakt. Gaat het leesniveau dan inderdaad omhoog?

Om processing speed te meten is één test afgenomen, dit is een test die de verbale vloeiendheid meet. Wellicht is het voor vervolgonderzoek goed om meerdere testen af te nemen. Wanneer de interesse van kinderen niet bij dieren ligt is dit wellicht een moeilijke opgave voor ze. Voor vervolgonderzoek zou het aan te raden zijn om meer testen van processing speed af te nemen om te onderzoeken of kinderen dan wel een samenhang laten zien.

Tenslotte hebben de ouders toestemming gegeven, dit is gebeurd op vrijwillige basis. Het kan zijn dat niet alle ouders het toestemmingsformulier hebben gelezen of hebben kunnen lezen. In hoeverre is dit van invloed op de diversiteit van de participanten? Ook hierbij is het goed om een steekproef te hebben die generaliseerbaar is.

### **Praktische implicaties**

Dit onderzoek heeft veel nieuwe bevindingen opgeleverd voor vervolgonderzoek. Ook biedt huidig onderzoek nieuwe inzichten voor leerkrachten, ouders en andere professionals die met kinderen werken. Kinderen die meer gevoelig zijn voor prikkels en afleiding lijken minder goed te scoren op het technisch lezen. Deze kinderen ervaren te veel prikkels tijdens het lezen. Voor deze kinderen zou het aan te raden zijn om te lezen in stille ruimtes, rust in de klas zou goed zijn en koptelefoons die kinderen afsluiten voor geluiden uit de omgeving.

De fonologische lus is een belangrijke bron van de aanzienlijke toename van de geheugencapaciteit naarmate kinderen ouder worden en het verhoogde repetitietempo waarmee het kind steeds meer verbaal materiaal in de fonologische opslagplaats kan bewaren. Voor de aanbidding van nieuwe lesstof aan kinderen is het belangrijk dat leerkrachten niet alles verbaal aanbieden, maar dat er mogelijk ook gewerkt wordt met pictogrammen om niet alleen een beroep te doen op het verbaal werkgeheugen, maar ook op het visuele geheugen. Wellicht kunnen jonge kinderen informatie zo beter opslaan in het geheugen.

Processing speed laat geen samenhang zien met het technisch lezen. Dit zou betekenen dat de verwerkingssnelheid geen invloed heeft op het leren lezen of technisch lezen. Leerkrachten hoeven

geen extra interventies in te zetten op kinderen die problemen hebben met verwerkingssnelheid wat betreft het leren lezen.

Leeftijd heeft een sterke, positieve samenhang met technisch lezen. Hoe ouder een kind is, hoe meer het kind gelezen heeft, hoe hoger het leestempo is. Ook is het van belang dat het kind veel oefent met lezen, zogenoemd veel 'leeskilometers' maakt (Braams, 2012). Wanneer kinderen moeite hebben met lezen is het van belang dat leerkrachten kinderen veel laten oefenen met lezen. In sommige gevallen kan het ook zijn dat naarmate kinderen ouder worden het leestempo vanzelf verhoogd.

## Referenties

- Alloway, T. P. (2006). Working memory and children with developmental coordination disorders. *Psychology Press, 2006*, 161-187.
- Alloway, T.P., & Alloway, R.G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of experimental child psychology, 2010* (106), 20-29. doi: 10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Alloway, T.P., Gathercole, S.E., Kirkwood, H., & Elliot, J. (2009). The cognitive and behavioral characteristics of children with low working memory. *Child development, 2009* (80), 606-621.
- Alloway, T.P., Gathercole, S.E., Willis, C., & Adams, A. (2003). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in younger children. *Experimental child psychology, 2004* (87), 85-106. doi: 10.1016/j.jecp.2003.10.002
- Alloway, T. P. (2006). Working memory and children with developmental coordination disorders. In T. P. Alloway & S. E. Gathercole (Eds.), *Working memory and neurodevelopmental conditions* (pp. 161–187). Psychology Press
- Baddeley, A. (1996). The function of working memory. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America, 1996* (93), 13468-13472.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature reviews neuroscience, 2003* (4), 829-839. doi: 10.1038/nrn1201
- Baddeley, A. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual review Psychology, 2012* (63), 1-29.
- Baddeley, A., & Gathercole, S. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological review, 1998* (105), 158-173.
- Banales, E., Kohnen, S., & McArthur, G. (2015). Can verbal working memory training improve reading? *Cognitive neuropsychology, 2015* ( 32), 104-132. doi: 10.1080/02643294.2015.1014331
- Betjemann, R.S., Phinney Johnson, E., Barnard, H., Boada, R., Filley, C.M., Pilipek, P.A., Willcutt, E.G., DeFries, J.C., & Pennington, B.F. (2010). Genetic covariation between brain volumes and IQ,



reading performance, and processing speed. *Springer Science+Business Media*, 2010 (40), 135-145. doi: 10.1007/s10519-009-9328-2

Booth, J.N., Boyle, J.M.E., & Kelly, S.W. (2014). The relationship between inhibition and working memory in prediction children's reading difficulties. *Journal of research in reading*, 2014, (37), 84-101. doi: 10.1111/1467-9817.12011

Borella, E., & de Ribaupierre, A. (2014). The role of working memory, inhibition, and processing speed in tekst comprehension in children. *Learning and individual differences*, 2014, 86-92. doi: 10.1016/j.lindif.2014.05.001

Van den Bos, K., Scheepstra, A., & Lutje Spelberg, H. (1993). Het lezen van pseudowoorden en bestaande woorden: deel 1: de constructie en normering van de Klepel. Tijdschrift voor ortopedagogiek, 1993, (32), 158-168.

Braams, T. (2002). De zin van onzinwoorden, het gebruik van pseudowoorden bij de signalering de diagnostiek en de behandeling van dyslexie. *Remedial Teaching*, 2002 (2), 5-9.

Brandenburg, J., Schuchardt, K., Büttner, G., Kleszczewski, J., Fischbach, A., & Hasselhorn, M. (2017). Phonological processing in children with specific reading disorder versus typical learners: factor structure and measurement invariance in a transparent orthography. *Journal of educational psychology*, 2017 (5), 709-726. doi:10.1037/edu0000162

De Bree, E., Wilsenach, C., & Gerrits, E. (2004). Fonologische verwerking en fonologisch werkgeheugen van kinderen met taalproblemen. *Stem-, spraak- en taalpathologie*, 2004, 172-186.

De Bree, E., & Wijnen, F. (2008). Nonsenswoordenrepetitie en leesvaardigheid in kinderen met een risico voor dyslexie en kinderen met een taalstoornis. *Stem-, spraak- en taalpathologie*, 2008 (2), 124-131.

Buchsbaum, B.R. (2013). The role of consciousness in the phonological loop: hidden in plain sight. *Frontiers in psychology*, 2013 (4), 1-5. doi:10.3389/fpsyg.2013.00496

Buchsbaum, B.R. & D'Esposito, M. 2008. The search for the phonological store: from loop to convolution. *Massachusetts institue of technology. Journal of cognitive neuroscience*, 2008 (20), 762-778.

- Bull, R., Andrews Espy, K., & Wiebe, S.A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive function in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Development neuropsychology*, 2008 (33), 205-228. doi: 10.1080/87565640801982312
- Burns, M.K., Davidson, K., Zaslofsky, A.F., Parker, D.C., & Maki, K.E. (2018). The relationship between acquisition rate for words and working memory, short-term memory, and reading skills: aptitude-by-treatment or skill-by-treatment interaction? *Assessment for effective intervention*, 2018, (43), 182-192.
- Camos, V., & Barrouillet, P. (2014). Attentional and non-attentional systems in the maintenance of verbal information in working memory: the executive and phonological loops. *Frontier in human neuroscience november 2014*, 1-11. doi: 10.3289/fnhum.2014.00900
- Chappe, P., Hasher, L., & Siegel, L.S. (2000). Working memory, inhibitory control, and reading disability. *Memory & cognition*, 2000 (28), 8-17.
- Christ, S. E., Kester, L.E., Bodner, K.E., & Miles, J. (2011). Evidence for selective inhibitory impairment in individuals with autism spectrum disorder. *Neuropsychology*, 2011, 690-701.
- Christopher, M.E., Miyake, A., DeFries, J.C., Wadsworth, S.J., Willcutt, E., Keenan, J.M., Pennington, B., & Olson, R.K. (2012). Predicting word reading and comprehension with executive function and speed measures across development: a latent variable analysis. *Journal of experimental psychology*, 2014, 470-488. doi: 10.1037/a0027375
- Chrysochoou, E., & Bablekou, Z. (2011). Phonological loop and central executive contributions to oral comprehension skills of 5.5 to 9.5 years old children. *Applied cognitive psychology*, 2011 (25), 576-583. doi: 10.1002/acp.1723
- Chung, H.J., Weyandt, L. & Swentosky, A. (2014). The physiology of executive function. *Handbook of executive function*, 2014, 13-27. doi: 10.1007/978-1-4614-8106-5\_2
- Cohen, M.J., Morgan, A.M., Vaughn, M., Riccio, C.A., & Hall, J. 1999. Verbal fluency in children: developmental issues and differential validity in distinguishing children with attention-deficit hyperactivity disorder and two subtypes of dyslexia. *Archives of clinical neuropsychology*, 1999, 433-443.

- Dawes, E., Leitão, S., Claessen, M., & Nayton, M. 2015. A profile of working memory in poor readers. *Australian psychologist*, 2015 (50), 362-371. doi: 10.1111/ap.12120
- Deary, I.J., Johnson, W., & Starr, J.M. (2010). Are Processing Speed Tasks Biomarkers of Cognitive Aging? *American Psychological Association*, 2010 (25), 219 –228. doi: 10.1037/a0017750
- Diamond, A. (2012). Executive functions. *Annual review of psychology*, 2013 (64), 135-168.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4-12 years old. *Science*, 2011 (333), 1-14. doi:10.1126/science.1204529
- Duyck, W., Szmalec, A., Kemps, E., & Vandierendonck, A. (2003). Verbal working memory is involved in associative word learning unless visual codes are available. *Journal of memory and language*, 2003 (48), 527-541. doi: 10.1016/S0749-596X(02)00533-8
- Van der Elst, W., Hurks, P., Wassenberg, R., Meijs, C., & Jolles, J. (2011). Animal verbal fluency and design fluency in school-aged children: effects of age, sex, and mean level of parental education, and regression-based normative data. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 2011, 1005-1015. doi: 10.1080/13803395.2011.589509
- Garon, N., Bryson, S.E., & Smith, I.M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological bulletin*, 2008, (134), 31-60. doi: 10.1037/0033-2909.134.1.31
- Gathercole, S.E., Pickering, S.J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental psychology*, 2004, (40), 177-190.
- Gooch, D., Thompson, P., Nash, H.M., Snowling, M.J. & Hulme C. (2016). The development of executive function and language skills in early school years. *The journal of child psychology and psychiatry*, 2016 (57), 180-187.
- German, O., Reynolds, C., & Swanson, L. (2012). Does growth in working memory span or executive processes predict growth in reading and math in children with reading disabilities? *Learning disability Quarterly*, 2012 (35), 144-157. doi: 10.1177/0731948712444276
- Hurks, P.P.M., Schrans, D., Meijs, C., Wassenberg, R., Feron, F.J.M., & Jolles, J. (2010). Developmental changes in semantic verbal fluency: analysis of word productivity as a function of time, clustering, and switching. *Child neuropsychology*, 2010, 366-387. doi: 10.1080/09297041003671184

Inspectie van het onderwijs. (2018). Technische rapportage onderwijsniveau leerlingen en studenten. De staat van het onderwijs 2016 / 2017. Utrecht: inspectie van het onderwijs.

Jacobson, L.A., Koriakin, T., Lipkin, P., Boada, R., Frijters, J.C., Lovett, M.W., Hill, D., Willcutt, E., Gottwald, S., Wolf, M., Bosson-Heenan, J., Guen, J.R., & Mahone, E.M. (2016). Executive functions contribute uniquely to reading competence in minority youth. *Journal of learning disabilities*, 2017 (50), 422-433. doi:10.1177/0022219415618501

Kibby, M.Y. (2009). There are multiple contributors to the verbal short-term memory deficit in children with developmental reading disabilities. *Child neuropsychology*, 2009, (15), 485-506. Doi: 10.1080/09297040902748218.

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S.L. (1998) NEPSY. *A developmental neuropsychological assessment*. San Antonio, TX: The psychological Corporation.

Krom, R., Jongen, I., Verhelst, N., Kamphuis, F., & de Kleintjes, F. (2010). Wetenschappelijke verantwoording DMT en AVI. Verkregen op 9 januari, 2018, van <http://toetswijzer.nl/html/tg/13.pdf>

Kruisselbrink, A., & Maassen, B. (2009). Het verband tussen fonologische vaardigheden, voorbereidende rekenvaardigheden en verbaal korte-termijn geheugen bij jonge kinderen met een genetisch risico op dyslexie. *Stem-, spraak- en taalpathologie*, 2009 (16), 182-200.

Lezak, M.D. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York, NY:Oxford University Press.

Lobier, M., Dubois, M., & Valdois, S. (2013). The role of visual processing speed in reading speed development. *Plos One*, 2013 (8), 1-10. doi:10.1371/journal.pone.0058097

Lobley, K.J., Baddeley, A.D., & Gathercole, S.E. (2005). Phonological similarity effects in verbal complex span. *The quartly journal of experimental psychology*, 2005 (58), 1462-1478. doi:10.1080/02724980443000700

Leonard, C.M., Low, P., Jonczak, E.E., Schmutz, M., Siegel, L.S. & Beaulie, C. (2011). Brain Anatomy, Processing Speed, and Reading in School-Age Children. *Developmental neuropsychology*, 2011 (36), 828–846. doi: 10.1080/87565641.2011.606398

- Lustig, C., Hasher, L., & Zacks, R. (2007). Inhibitory deficit theory: Recent developments in a "new view". *American psychological association*, 2007, 145-162. [doi:10.1037/11587-008](https://doi.org/10.1037/11587-008)
- Macken, W.J. & Jones, D.M. (2003). Reification of phonological storage. *The experimental psychology society*, 2003, 1279-1288. doi: 10.1080.02724980245000052
- Marraccini, M.E., Weyandt, L.L., Rossi, J.S., & Gudmundsdottir, B.G. (2016). Neurocognitive Enhancement or Impairment? A Systematic Meta-Analysis of Prescription Stimulant Effects on Processing Speed, Decision-Making, Planning, and Cognitive Perseveration. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 2016, 269 –284. doi: 10.1037/pha0000079
- Meijs, C.J.C., Hurks, P.M.P., Kalff, A.C., Slaats-Willemse, D.I.E., Rozendaal, N., & Jolles, J. (2009). Differential development of learning strategies on a pictorial verbal learning test (PVLТ) in primary-school children. *Child neuropsychology*, 2013, 247-261. doi: 10.1080/09297040802403708
- Meijs, C., Hurks, P., Roozendaal, N., Jolles, J., & de Moor, R. (2012). Serial and subjective clustering on a verbal learning test (VLT) in children aged 5-15: the nature of subjective clustering. *Child neuropsychology*, 2012, 385-399. doi: [10.1080/09297049.2012.670215](https://doi.org/10.1080/09297049.2012.670215)
- Meijs, P., Hurks, P.P.M., Wassenberg, R., Feron, F.J.M., & Jolles, J. (2015). Inter-individual differences in how presentation modality affects verbal learning performance in children age 5 to 16. *Child Neuropsychology*, 2015, 818-836. doi: 10.1080/09297049.2015.1044891
- Melby-Lervåg, M. (2012). The relative predictive contribution and causale role of phoneme awareness, rhyme awareness and verbal short-term memory in reading skills: a review. *Scandinavian journal of educational research*, 2012, (56), 363-380.
- Messer, D., Henry, L.A., & Nash, G. (2016). The relation between executive function, reaction time, naming speed, and single word reading in children with typical development and language impairments. *British journal of educational psychology*, 2016, 412-429. doi: 10.1111/bjep.12115
- Mol, S.E., & Bus, A.G. (2011). Lezen loon teen leven lang. de rol van vrijetijdslezen in de taal- en leesontwikkeling van kinderen en jongeren. *Levende talen tijdschrift*, 2011 (3), 3-15.
- Monette, S., Bigras, M., & Lafrenière, M. (2015). Structure of executive functions in typically developing kindergarteners. *Journal of experimental child psychology*, 2015 (140), 120-139. doi: 10.1016/j.jecp.2015.07.005

Mora, G., & Camos, V. (2013). Two systems of maintenance in verbal working memory: evidence from the word length effect. *PLoS ONE*, 2013 (8), 1-8. doi: 10.1371/journal.pone.0070026

Mullane, J.C., Corkum, P.V., Klein, M., & McLaughlin, E. (2009). Interference control in children with and without ADHD: a systematic review of Flanker and Simon task performance. *Child Neuropsychology*, 2009 (15), 321-342.

Nevo, E., & Breznitz, Z. (2013). Effects of working memory and reading acceleration training on improving working memory abilities and reading skills among third graders. *Child neuropsychology*, 2014, 752-765. doi:10.1080/09297049.2013.863272

Peng, P., Wang, C., Li, S., Dardick, W., Barnes, M., Wang, W., Swanson, H.L., & Tao, S. (2017). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *American psychological Association*, 2017, 1-29. doi: 10.1037/bul0000124

Perry, T.L., & Malaia, E. (2013). Working memory intervention: a reading comprehension approach. *International conference on cognition and exploratory learning in digital age*, 2003, 3-9.

Pham, A.V., & Hasson, R.M. (2014). Verbal and visuospatial working memory as predictors of children's reading ability. *Archives of clinical neuropsychology*, 2014, 467-477. doi: 10.1093/arclin/acu024

De Regt, A. (2014). 'Welkom in de ratrace'. Over de dwang van de Cito-toets. *Amsterdam sociologisch tijdschrift*. 2014 (3), 297-320.

Rodríguez-Villagra, O.A., Göthe, K., Oberauer, K., & Kliegl, R. (2013). Working memory capacity in a go/ no-go task: age differences in interference, processing speed, and attentional control. *Developmental psychology*, 2013, (49), 1683-1696.

Roodenrys, S., Kolski, N., & Grainger, J. (2001). Working memory function attention deficit hyperactivity disorder and reading disabled children. *British journal of development psychology*, 2001 (19), 325-337.

Van de Sande, E. (2015). Executive functies voor het leren lezen. *Expertisecentrum Nederlands*, 2015, 1-11.

Savage, R., Cornish, K., Manly, T., & Hollis, C. (2006). Cognitive processes in children's reading and attention: the role of working memory, divided attention and response inhibition. *The British psychological society*, 2001 (19), 365-385. doi: 10.1348/000712605X81370

Schroeder, P.J. (2013). The effects of age on processing and storage in working memory span tasks and reading comprehension. *Experimental aging research*, 2014 (40), 308-331.  
doi:10.1080/0361073X.2014.896666

Van der Sluis, S., de Jong, P.F., & van der Ley, A. (2003). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Experimental child psychology*, 2004 (87), 239-266.

Van der Sluis, S., van der Leij, A., & de Jong, P.F. (2005). Working memory in Dutch children with reading- and arithmetic related LD. *Journal of learning disabilities*, 2005 (3), 207-221.

Spurgeon, J., Ward, G., Matthews, W.J. (2014). Examining the relationship between immediate serial recall and immediate free recall: common effects of phonological loop variables but only limited evidence for the phonological loop. *Journal of experimental psychology*, 2014 (4), 1110-1141.

Swanson, H.L., & Alexander, J.E. (1997). Cognitive processes as predictors of word recognition and reading comprehension in learning-disabled and skilled readers: revisiting the specificity hypotheses. *Journal of educational psychology*, 1997, 128-158.

Swanson, H.L., & Howell, M. (2001). Working memory, short-term memory, and speech rate as predictors of children's reading performance at different ages. *Journal of educational psychology* 2001, 720-734. doi: 10.1037//0022-0663.93.4.720

Vandenbroucke, L., Verschueren, K., & Baeyens, D. (2016). The development of executive functioning across the transition to first grade and its predictive value for academic achievement. *Elsevier*, 2017 (49), 103-112. doi: 10.1016/j.learninginstruc.2016.12.008

Vernooy, K. (2007). Effectief leesonderwijs nader bekeken. Technisch lezen, woordenschat en leesstrategieën in samenhang. Verkregen op 9 januari, 2018, van  
<http://www.kenniscentrumbegrijpendlezen.nl/begrijpend-lezen/begrijpend-leesproces.aspx>.

Was, C.A. (2010). Individual differences in reading are more than just working memory: the case for available long-term memory. *Individual differences research*, 2010, 132-139.

## Bijlagen

### Bijlage 1

**Tabel 1**

*Beschrijvende statistiek voor de variabelen fonologische lus, verbaal werkgeheugen, verbaal korte termijngeheugen, inhibitie, processing speed en leeftijd.*

	Min-Max	M	SD
Verbaal werkgeheugen	3 – 12	5.58	1.96
Verbaal korte termijngeheugen	4 - 15	9.78	2.35
Fonologische lus	-3 – 5	1.79	1.54
Inhibitie	0 – 7	1.79	1.54
Processing speed	10 – 34	17.34	4.36
Leeftijd in maanden	80-115	98.42	10.63